

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

Әзен Ердәулет Шынтасұлы

Кесу автоматтық реттеу жүйесі

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

физ-мат.ғыл.канд., қауымд.проф.

Н. У. Алдияров

“ _____ ” _____ 2021 ж.

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

Тақырыбы: “Кесу автоматтық реттеу жүйесі”

Мамандығы 5B070200 – «Автоматтандыру және басқару»

Орындаған

Әзен Ердәулет Шынтасұлы

Ғылыми жетекші

техн.ғыл.канд., ассист.проф.



_____ Орынбет М.М

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө. Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

5B070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

физ-мат.ғыл.канд., қауымд.проф.

_____ Н. У. Алдияров
“ _____ ” _____ 20__ ж.

**Дипломдық жоба орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Әзен Ердәулет Шынтасұлы

Тақырыбы: "Кесу автоматтық реттеу жүйесі"

Университеттің "27" қаңтар 2021 жылғы ғылыми кеңесінің № 762- б шешімімен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2021 жылғы "01" маусым

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: дипломалды практикасындағы жиналған мәліметтер

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) кесу аймағындағы температурамен автоматтық басқару жүйесін жобалау, АРЖ-нің синтезі мен талдау мәселелері;

б) технологияны жетілдіру және еңбек өнімділігін арттыру;

в) автоматты реттеу мен басқару негіздерін зерттеу, амплитуда ΔLm және фаза $\Delta\varphi$ бойынша орнықтылық қоры бойынша есептеулер;




г) технико-экономикалық нәтижелері негізінде экономикалық есептеулер

Ұсынылатын негізгі әдебиет 15 атау

Дипломдық жобаны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Технологиялық бөлім	3 ақпан 2021 ж.	
Арнайы бөлім	27 наурыз 2021 ж.	

Дипломдық жоба бөлімдерінің кеңесшілері мен
норма бақылаушының аяқталған жобаға қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Технологиялық бөлім	Орынбет М.М. техн.ғыл.кандидаты, Ассистент - профессор	21.05.2021	
Арнайы бөлім	Орынбет М.М. техн.ғыл.кандидаты, Ассистент - профессор	21.05.2021	
Норма бақылау	Н.С. Сарсенбаев техн. ғыл. кандидаты, Ассистент – профессор	28.05.2021	

Ғылыми жетекші  Орынбет М.М.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Әзен Е.Ш.

Күні "27" қаңтар 2021 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жоба 45 беттен, 2 кестеден тұратын түсіндірмелік жазбаны, 15 аттан құралатын библиографиялық тізімді және 32 суреттен тұратын графикалық бөлімді қамтиды.

Дипломдық жобаның мақсаты кесу жылдамдығының автоматтық реттеу жүйесін (АРЖ) жобалау болып табылады.

Алдымызға қойылған мақсатқа жету үшін, бұл жобада біз барлық параметрлерді қанағаттандырып, қойылған талаптарға жауап беретін жүйені алдық.

Жобалауда АРЖ-ні синтездеу мен талдау жүргізу үшін логарифмдік жиіліктік сипаттамалары әдісі қарастырылған. Қолданылған әдіс өзінің қарапайымдылығымен, көрнекілігімен және нақтылығымен ерекшеленеді.

Сонымен қатар жобада автоматты реттеу мен басқару негіздері зерттеліп, жүйеге әрекет ететін шығыс координатаның статикалық қатесі, амплитуда ΔL_m және фаза $\Delta\varphi$ бойынша керекті орнықтылық қоры бойынша есептеулері жүргізілген, технико-экономикалық нәтижелері негізінде экономикалық есептеулер жүргізіліп, басқа да сапа көрсеткіштері бағаланған.

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект содержит пояснительную записку на 39 страницах, 2 таблицы, библиографический список на 7 страниц и графическую часть, состоящую из 31 схемы.

Целью дипломного проекта является проектирование автоматической системы регулирования скорости резания (АРС).

Для достижения поставленной цели в данном проекте мы получили систему, которая удовлетворяет всем параметрам и отвечает предъявляемым требованиям.

В проектировании предусмотрен метод логарифмических частотных характеристик для проведения синтеза и анализа АРС. Используемый метод отличается своей простотой, наглядностью и лаконичностью.

Также проектом изучены основы автоматического регулирования и управления, проведены расчеты по статической ошибке выходной координаты, действующей на систему, запасу необходимой устойчивости по амплитуде и фазе, проведены экономические расчеты на основе технико-экономических результатов и оценены другие показатели качества.

ANNOTATION

The thesis project contains an explanatory note on 39 pages, 2 tables, a bibliographic list of 7 pages and a graphic part consisting of 31 diagrams.

The aim of the diploma project is to design an automatic cutting speed control system (APC).

To achieve this goal in this project, we have received a system that meets all the parameters and meets the requirements.

The design provides a method of logarithmic frequency characteristics for the synthesis and analysis of APC. The method used is characterized by its simplicity, clarity and conciseness.

The project also studied the basics of automatic control and control, made calculations on the static error of the output coordinate acting on the system, the margin of necessary stability in amplitude and phase, carried out economic calculations based on technical and economic results and evaluated other quality indicators.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	8
1	Қиыстыру құрылғыларды синтездеудің жиіліктік әдісі	9
1.1	Тапсырма	26
2	Бастапқы мәліметтерді талдау	28
2.1	Кесу үрдісін талдау	30
2.2	АРЖ құрылымдық сұлбасын өңдеу	31
2.3	Қиыстырмаған АРЖ орнықтылығын талдау	36
2.4	Өңделген сапа көрсеткіштері бар АРЖ жинақтау	37
2.5	АРЖ сапасын талдау	39
2.6	Өңделген тұйықталған АРЖ	40
	Қорытынды	44
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	45

КІРІСПЕ

Автоматтық басқару және реттеу теориясы – техниканың кез келген аймағында тұйық кезеңінде жұмыс істейтін басқару үрдістерін, оларды зерттеу әдістері мен автоматтық жүйелерді жобалау негіздерін зерттейтін ғылым. Осы жұмыстың мақсаты кесу жылдамдығының автоматтық реттеу жүйесін (АРЖ) жобалау болып табылады. Бұл АРЖ кесу жылдамдығын белгілі бір дәлдікпен берілген деңгейде ұстап тұруы керек және дәлдік пен жылдам әрекет ету талаптарына жауап беруі тиіс. Дипломдық жұмыста АРЖ-нің синтезі мен талдау мәселелерін шешу үшін логарифмдік жиіліктік сипаттамалары әдісі қолданылады. ЛЖС әдісі үлкен көрнекілікке, қарапайымдылыққа және нақтылыққа ие едәуір түрде өңделген инженерлік әдіс.

Технологияны жетілдіру және еңбек өнімділігін арттыру, технологиялық үрдістің маңызды мәселелеріне жатады. Бұл мәселелерді жеке нысандар мен үрдістерді, сондай-ақ жалпы жағдайда өндірісті автоматты басқару және реттеу жүйелерін енгізу кезінде тиімді шешуге болады. Сондықтан автоматты реттеу мен басқару негіздерін зерттеу, қазіргі таңда барлық инженерлік мамандықтар студенттерінің тәжірибе түрінде дайындалған кезде қарастырылады.

Курсты оқыған кезде, бізге жеткілікті ұзақ уақыт ағымында сол немесе басқа басқарылатын үрдістің қандай да физикалық шамаларын (қозғалмалы нысанның координаттарын, қозғалыс жылдамдығын, электрлік кернеуін, жиілігін, температурасын, қысымын және т.б.) керекті түрде өзгертеді (немесе өзгертілмеген түрде тұрақты ұстап тұрады).

Тұйықталған АЖ – де – барлық үзбелердің бір-бірімен толық өзара байланысы, жүйенің ішкі параметрлері мен сыртқы әсердің өзгеруі тұйықталмаған АЖ қарағанда, реттелетін нысанға айтарлықтай аз байқалады.

Негізгі ерекшелігі: реттелетін параметрдің нақты мәні берілген мәнмен автоматты түрде салыстырылады. Бұл мәндердің айырмашылығы - бұл жүйенің жұмысы кезінде сәйкессіздік автоматты түрде нөлге немесе жеткілікті төмен мәнге дейін азаяды.

1 Қиыстыру құрылғыларды синтездеудің жиіліктік әдісі

Логарифмдік жиіліктік сипаттама арқылы түзеткіш құрылғыларды синтездеудің жиіліктік әдісі кеңінен таралған [2]. Ол келесідей жүргізіледі. Жүйенің қажетті дәлділігінен және өтпелі үрдістің қажетті сапасынан шығатын логарифмді амплитуда жиіліктік сипаттама тұрғызылады. Бұл қалаулы сипаттама берілген жүйе түзетусіз кездегі сипаттамамен салыстырылады. Түзеткіш құрылғының беріліс функциясы оны жүйеге қосқандағы нәтижесінде қалаулы логарифмдік амплитудалық сипаттама пішіні алынуы қажет болғанда анықталады. Содан соң фазалық жиіліктік сипаттама тұрғызылады және бұдан шығатын жүйенің орнықтылық қорының шамасы және басқа да сапа көрсеткіштері бағаланады. Өтпелі үрдістің дәлдігі мен сапасы бойынша, жүйеге берілген талаптарды ескере отырып, қалаулы логарифмді амплитудалық жиіліктік сипаттаманың қалыптасуын қарастырайық. Жүйенің дәлдік талаптары. Олар әр түрлі тұжырымдалады [10].

1) «Жұмыс жасаушы» жиілікпен ω_p амплитуда a_p берілсін, яғни әсер беруші $g(t)$ жиілікпен амплитуданың негізгі мәндері, сонымен қатар ықтималды қателік берілсін $A_g = \varepsilon_{\text{қос}}$ (амплитуда қателігі). Төменгі жиіліктер аймағы үшін, мұндағы $|W(j\omega_p)| \gg 1$ келесі түрде жазуға болады:

$$|\Phi_\varepsilon(j\omega_p)| = \frac{1}{|1+W(j\omega_p)|} \approx \frac{1}{|W(j\omega_p)|} \quad (1.1)$$

Демек, (3.24) формуласын қарастыра отырып келесі түрін жазуға болады:

$$A_g \approx \frac{a_p}{|W(j\omega_p)|} \quad (1.2)$$

Осыдан қалаулы мән шығады:

$$|W(j\omega_p)| \geq \frac{a_p}{\varepsilon_{\text{қос}}} \quad (1.3)$$

2) Әсер беруші: \dot{g}_{max} және \ddot{g}_{max} , сонымен қатар $\varepsilon_{\text{қос}}$ қажетті сипаттамалары берілсін. Жиіліктік сипаттамаларды қолдану үшін:

$$g(t) = a_p \sin \omega_p t, \quad (1.4)$$

мұндағы p индексімен «жұмыс жасаушы» жиілікпен амплитуда белгіленген, сонымен қатар берілген жылдамдық \dot{g}_{max} және үдеу \ddot{g}_{max} , қарастырылған. Сонда формулаларын қолдана отырып есептейміз:

$$\omega_p = \frac{\ddot{g}_{\text{max}}}{\dot{g}_{\text{max}}}, \quad (1.5)$$

$$a_p = \frac{\dot{g}_{max}}{\ddot{g}_{max}}. \quad (1.6)$$

Егер де $g(t)$ бұрыштық шама болса онда келесі мәндерді қолданамыз:

$$\dot{g} = \omega, \quad (1.7)$$

$$g'' = \ddot{\omega}. \quad (1.8)$$

Сонда есептеледі:

$$\omega_p = \frac{\dot{\omega}_{max}}{\omega_{max}}, \quad (1.9)$$

$$a_p = \frac{\omega_{max}^2}{\dot{\omega}_{max}}. \quad (1.10)$$

және қалаулы мән (1.3) формула бойынша есептеледі.

3) Астатикалық жүйеге сигналды $g = g_{max} t$ қадағалау талап етілсін. Келесідей өрнекті аламыз:

$$W(s) = \frac{K N(s)}{s L(s)}, \quad (1.11)$$

$$\Phi_\varepsilon(s) = \frac{1}{1+W(s)} = \frac{s L(s)}{s L(s) + K N(s)}. \quad (1.12)$$

Қателік коэффициенттері:

$$c_0 = \Phi_0(0) = 0, \quad (1.13)$$

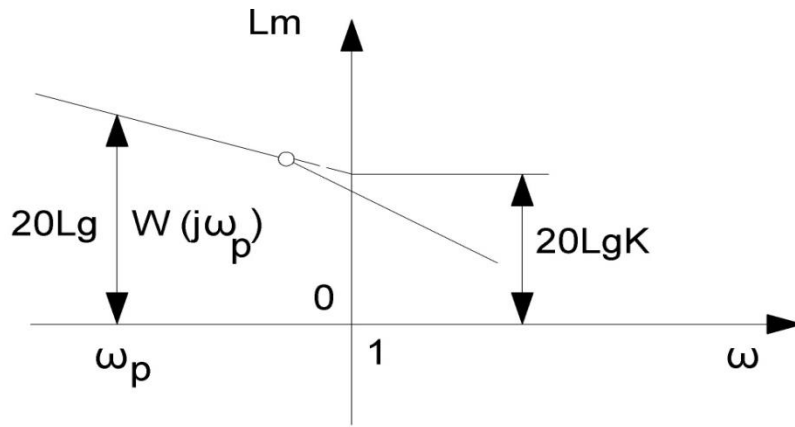
$$c_1 = \left. \frac{d\Phi_\varepsilon}{ds} \right|_{s=0} = \frac{1}{K}. \quad (1.14)$$

Қалыптасқан қателік келесі түрде келтіріледі:

$$\varepsilon_{орнат}(t) = c_0 g(t) + c_1 \dot{g}(t) = \frac{g_{max}}{K} \dot{g}(t) \quad (1.15)$$

немесе басқа белгілерде келтіріледі:

$$\varepsilon_{орнат} = \frac{\omega_{max}}{K} \quad (1.16)$$



1.1 Сурет – Қалаулы логарифмді амплитудалық жиіліктік сипаттама

Осыдан қалаулы мәнді тауып аламыз:

$$K \geq \frac{\omega_{\max}}{\varepsilon_{\text{қос}}} = \frac{\xi_{\max}}{\varepsilon_{\text{қос}}} \quad (1.17)$$

Жүйенің дәлдігін сипаттайтын берілгендер бойынша, қалаулы логарифмді амплитудалық жиіліктік сипаттаманың төменгі жиіліктік бөлігін 1.1 суретте көрсетілгендей етіп тұрғызамыз. Сипаттаманың бастапқы көлбеуі -20 дБ/дек (1-ші ретті астатизм). Сыну нүктесімен кейінгі көлбеуі анықталмаған.

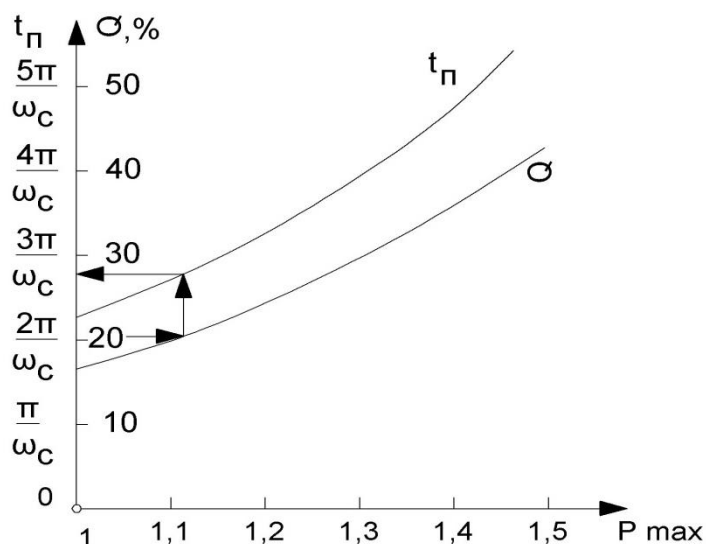
Өтпелі үрдістің сана талаптары

Өтпелі үрдістің қайта реттеу σ және сөну уақыты t_{π} берілсін. алынған 1.2-суреттегі графикті қолданамыз. Осы график арқылы, берілген шаманы σ бөліп шығарып (мысалға 20%), t_{π} шамасын анықтаймыз (1.2-суретінде тілшілер арқылы көрсетілген) мысалға,

$$t_{\pi} = \frac{2,8 \pi}{\omega_c} \quad (1.18)$$

Бірақ, бізге қалаулы t_{π} шамасы берілгендіктен, керекті жиіліктік қиылуын табуға болады:

$$\omega_c = \frac{2,8 \pi}{t_{\pi}} \quad (1.19)$$



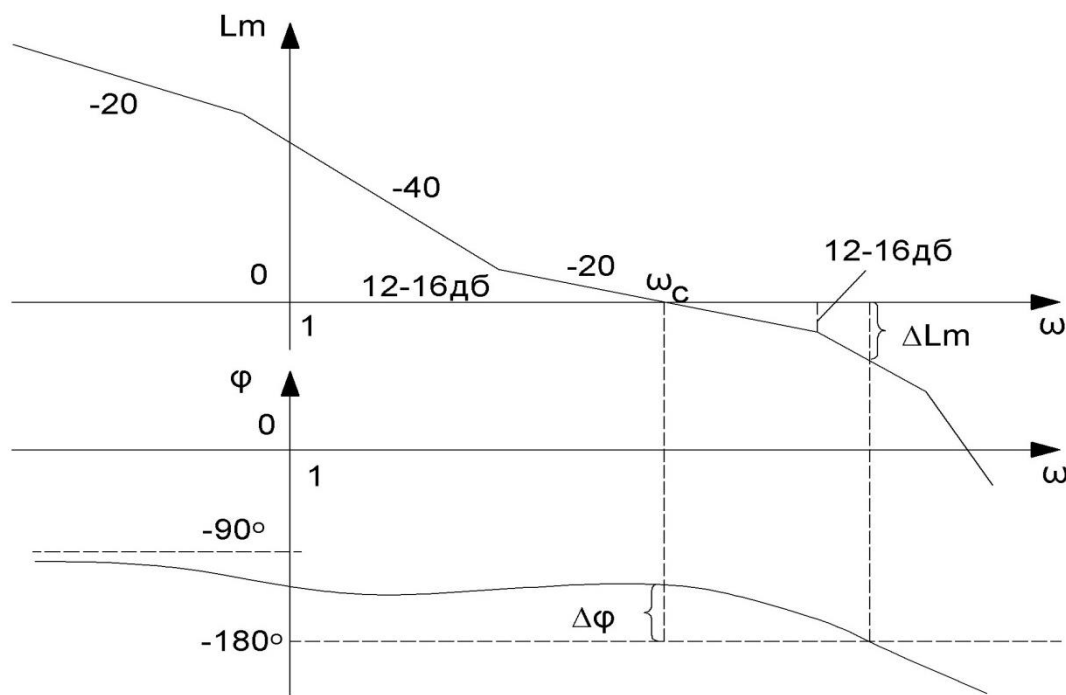
1.2 Сурет – Өтпелі үрдіс

Табылған мәнді ω_c ізделініп отқан қалаулы ЛАС графигіне түсіреміз (1.3-сурет) және ω_c нүктесі арқылы -20 дБ/дек көлбеуі бар түзу жүргіземіз. Бұл өтпелі үрдістің сапасының жақсы болуы үшін ұсынылады. Ары қарай алдыңғы есептеулерден сипаттаманың төменгі жиілігін алып көрсетілген сипаттамалар бөлігін түзу көлбеуімен түйістіреміз, көлбеу -40 немесе -60дБ/дек болуы мүмкін (1.3- сурет). Жоғарғы жиіліктік бөлігі аса үлкен рөл атқармайды. Сондықтан оны жүйеде берілгендей етіп аламыз. Амплитуда ΔL_m және фаза $\Delta\varphi$ бойынша керекті орнықтылық қорын тексереміз (1.3- сурет). Алдымен дәйекті түзетуші құрылғы синтезін қарастырайық, содан кейін параллельдіге көшеміз.

Түзетуі жоқ жүйенің тұйықталмаған тізбегінің беріліс функциясы $W_0(s)$ берілген (1.4-сурет). Оның жиіліктік сипаттамасының қалаулы сипаттамадан өзгеше айырмашылығы бар. Ізделіп отырған беріліс функциясы $K_{\Pi} \Pi(s)$ бар дәйекті түзетуші құрылғыны енгіземіз (1.4-сурет).

Жоғарыда айтылып кеткен әдіс бойынша қалаулы логарифмдік амплитудалық жиіліктік сипаттаманы тұрғызамыз (1.5-сурет). Қалаулы жүйенің $K_{\text{ж}}$ күшейту коэффициенті берілген коэффициентінен K_0 айырмашылығы болу керек. Ол үшін $W_0(j\omega)$ сипаттамасын жоғарлату керек, содан қалаулы күшейткіш коэффициенті пайда болады (1.5-сурет). Жаңа сипаттама аламыз:

$$W'_0(j\omega) = \frac{K_{\text{ж}}}{K_0} W_0(j\omega) \quad (1.20)$$

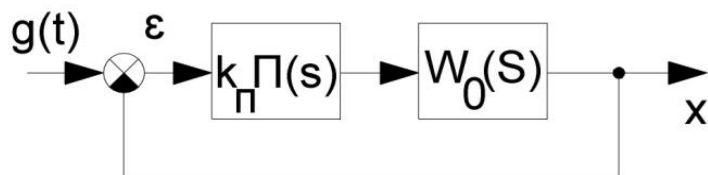


1.3 Сурет – Дәйекті түзетуші құрылғы

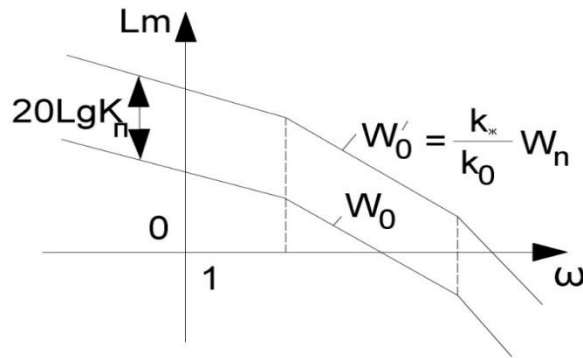
Вертикалды түрде логарифмдік масштабта W'_0 және W_0 аралығы бізге ізделініп отырған шаманы $20 \lg K_{\Pi}$ береді, яғни түзетуші құрылғының ізделініп отырған күшейту коэффициентін:

$$K_{\Pi} = \frac{K_{\text{ж}}}{K_0} \quad (1.21)$$

Енді түзетуші құрылғының $\Pi(s)$ беріліс функциясын табу керек. Ол үшін бір графикте $W_{\text{ж}}$ және W'_0 логарифмдік амплитудалық жиіліктік сипаттамаларын қиыстырамыз. Олар $1/T_1$ және $1/T_4$ нүктелер аумағында ерекшеленеді (1.6.-сурет).



1.4 Сурет – Түзетуші құрылғы



1.5 Сурет – Қалаулы ЛАЖС

Негізінде талап етіледі:

$$W(s) = K_{\Pi} \Pi(s) W_0(s) = W_{\text{ж}}(s) \quad (1.22)$$

Онда келесі түрде жазуға болады:

$$\Pi(j\omega) = \frac{W_{\text{ж}}(j\omega)}{K_{\Pi} W_0(j\omega)} \quad (1.23)$$

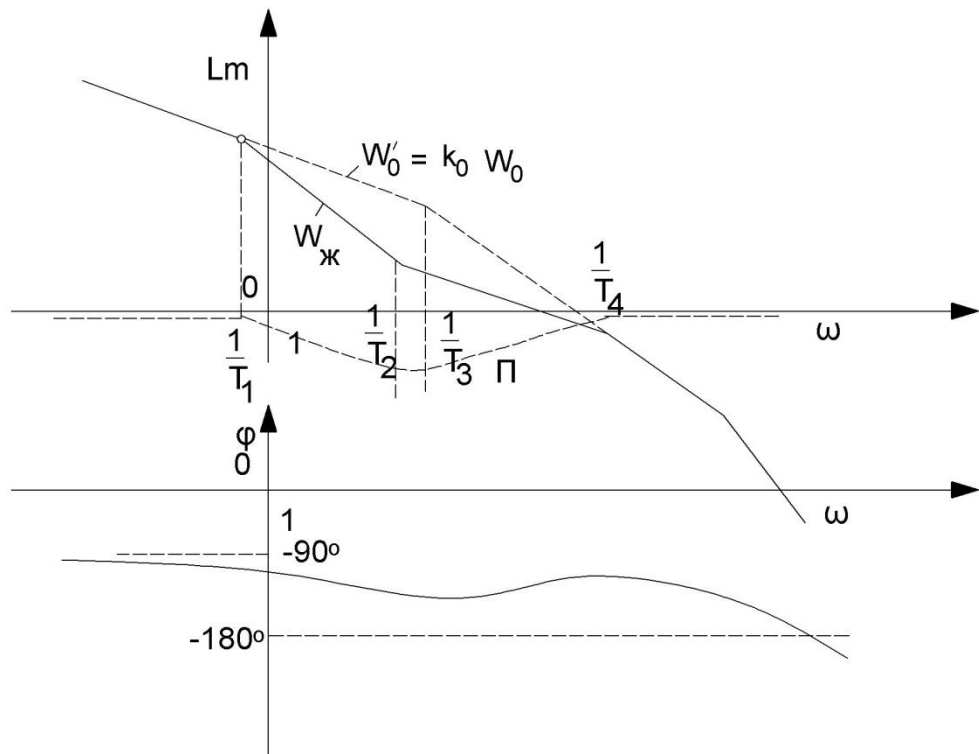
немесе

$$\Pi(j\omega) = \frac{W_{\text{ж}}(j\omega)}{W'_0(j\omega)} \quad (1.24)$$

Содан

$$20 \lg |\Pi(j\omega)| = 20 \lg |W_{\text{ж}}(j\omega)| - 20 \lg |W'_0(j\omega)| \quad (1.25)$$

Ары қарай $\Pi(s)$ арнайы $Lm(\omega)$ сипаттамасын табу үшін $Lm(\omega)$ сипаттамасын алып тастаймыз, W'_0 дан $W_{\text{ж}}$. Азайту нәтижесі 1.6-суретінде жіңішке сызықпен түрленіп көрсетілген.

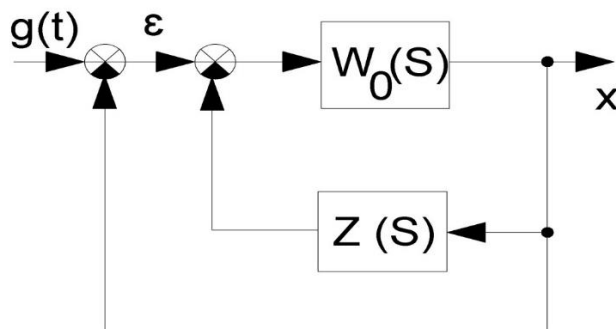


1.6 Сурет – ЛАЖС

Осыдан дәйекті түзетуші құрылғының ізделініп отырған беріліс функциясы айқын түсінікті болады:

$$P(s) = \frac{(T_2^s + 1)(T_3^s + 1)}{(T_1^s + 1)(T_4^s + 1)} \quad (1.26)$$

Қорытынды да $W_{ж}$ фазалық сипаттама $\varphi(\omega)$ тұрғызу керек және орнықтылық қорларын бағалау керек (1.6-сурет).



1.7 Сурет – Түзетуші құрылғысының электрлік сұлбасы

Табылған беріліс функциясы бойынша түзетуші құрылғысының электрлік сұлбасын жасауға болады.

Қосымша кері байланыс түрде паралель түріндегі түзететін құрылғының синтезін қарастырайық. Тұйықталмаған тізбектің беріліс функциясы $W_0(s)$ берілген. Жүйе жалпы түрде қалаулы сипаттамаға ие болу үшін түзетілетін кері байланысты $Z(s)$ енгізу керек (1.7-сурет).

Түзетілуі бар тұйықталмаған тізбектің беріліс функциясы:

$$W_{\text{ж}}(s) = \frac{W_0(s)}{1+Z(s)W_0(s)} \quad (1.27)$$

Демек,

$$20 \lg |W_{\text{ж}}(j\omega)| = 20 \lg |W_0(j\omega)| - 20 \lg |1 + Z(j\omega)W_0(j\omega)| \quad (1.28)$$

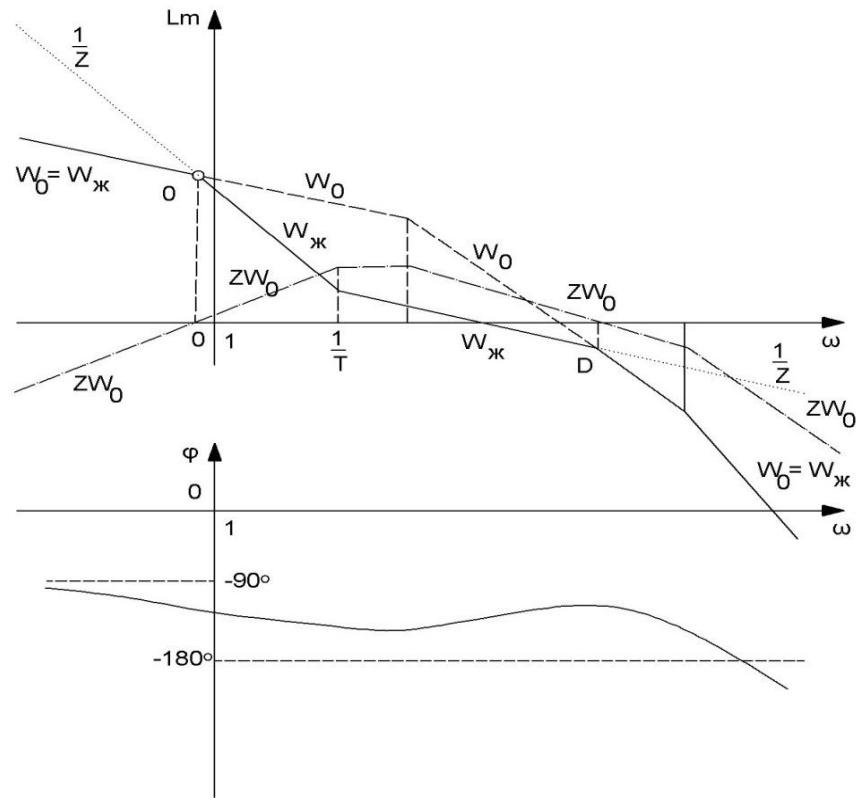
Логарифмдік белгідегі жиынтықтан айырылу үшін жуықтап жазайық:

$$20 \lg |W_{\text{ж}}(j\omega)| \approx \begin{cases} 20 \lg |W_0(j\omega)| & \text{при } |Z(j\omega)W_0(j\omega)| \ll 1 \\ 20 \lg \left| \frac{1}{Z(j\omega)} \right| & \text{при } |Z(j\omega)W_0(j\omega)| \gg 1 \end{cases} \quad (1.29)$$

Қалаулы күшейткіш коэффициенті бар берілген логарифмдік сипаттаманы W_0 және қалаулы сипаттаманы $W_{\text{ж}}$ тұрғызайық (1.8-сурет). Ізделінетін $1/Z$ сипаттама ретінде 1.8-суретте көрсетілген сипаттаманы аламыз. W_0 сипаттамасынан $1/Z$ азайтамыз. Осыдан біз аламыз:

$$20 \lg |W_0(j\omega)| - 20 \lg \left| \frac{1}{Z(j\omega)} \right| = 20 \lg |Z(j\omega)W_0(j\omega)| \quad (1.30)$$

Бұл нәтиже 1.8-суретте жіңішке сызыпен түрленіп көрсетілген. Графикте көрсетілген, CD аумағында сипаттама $|Z W_0| > 1$ ал, C нүктесіне дейін және D кейін сипаттама $|Z W_0| < 1$, ось абциссалары амплитуда мәніне сәйкес, амплитуда мәні тең $1(20 \lg A 0)$.



1.8 Сурет – Логарифмдік сипаттама және қалаулы сипаттама

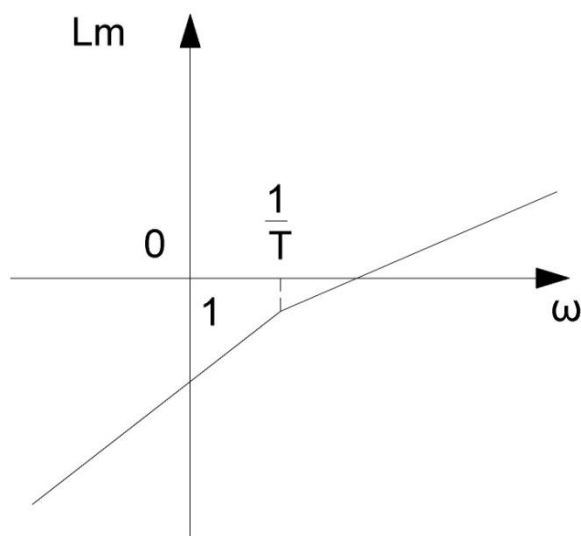
Сондықтан ізделініп отырған $1/Z$ сипаттама көрінісі жоғарыда жазылған (1.9) теңдіктерді қанағаттандырады. Сүйтіп кері байланысы бар паралельді түрде түзететін құрылғы табылды, бұл құрылғы жүйеге қалаулы жиіліктік сипаттамаға жақын сипаттама құрастырады. Логарифмдік сипаттама Z 1.8- суретінде көрсетілгендей түрде болу керек. Бұдан түзетілетін кері байланыстың келесі беріліс функциясына сәйкес келеді:

$$Z(s) = \frac{ks^2}{T_s + 1} \quad (1.31)$$

Екі рет дифференциалданатын инерционды икемді кері байланыс (яғни, бақылау жүйесінің орындаушы жетектінің бұрыштық күшейту бойынша кері байланысы). Қорыта келгенде, жуық теңдіктерді қолдана отырып, алынған сипаттаманы нақтылау қажет:

$$W(j\omega) = \frac{W_0(j\omega)}{1 + Z(s)W_0(j\omega)} \quad (1.32)$$

Қалаулы сипаттамаға жақындығын бағалап фазалық сипаттамасын $\varphi(\omega)$ суреттеу керек (1.8-сурет) және орнықтылық қорларын, үрдістер сапасын бағалау қажет.



1.9 Сурет – Амплитудалық жиіліктік сипаттама

Берілген құрылым жүйенің «минимальды-фазалық» болуын талап ететіндіктен жүйенің ішкі контурның орнықтылығын тексеру керек (1.9-сурет).

Жүйе беріліс функциясы:

$$W_{\text{вн}}(s) = Z(s)W_0(s) \quad (1.33)$$

Амплитудалық жиіліктік сипаттамасы 1.9-суретінде көрсетілген. Фазалық жиіліктік сипаттамасын $\varphi_{\text{вн}}(\omega)$ ғана тұрғызып, орнықтылық жиіліктік критеріінің орындалуына көз жеткізу керек. Бұл әдістің ары қарай жетілуі бірге енгізіліп түзетілетін құрылғылар синтезін қолданылуымен тікелей байланысты болып келеді. Жиіліктік синтез әдістерінің басқа да нұсқалары дамып жатыр [7].

Түбірлік годограф әдісі

Сипаттаушы теңдеудің түбірлерінің орналасуына қарай (яғни, тұйықталған жүйенің беріліс функция полюстері), сонымен қатар дифференциалды теңдеудің оң бөлігіндегі операторлық көп мүшелерді ескере отырып (яғни, тұйықталған жүйенің беріліс функция нөлдері) реттеу үрдісінің сапасын талдауға болады [1]. Түбірлік годограф деп тұйықталған жүйенің кез келген параметрінің өзгеру кезіндегі (мысалға, берілген жүйенің тұйықталмаған тізбегінің жалпы K күшейту коэффициенті), тұйықталған жүйенің сипаттаушы теңдеуінің барлық түбірлерінің орын ауысу траекториясының жиынтығын атайды. Автоматты реттеу жүйесіндегі тұйықталмаған тізбектің беріліс функциясы берілсін. Бұл функцияны мына түрде жазайық:

$$KW(s) = \frac{KN(s)}{L(s)} \quad (1.34)$$

мұндағы, K - тұйықталмаған тізбегінің жалпы күшейту коэффициенті, ал $N(s)$ және $L(s)$ кіші мүшелерде бірлік коэффициенттері бар көпмүшелер. Берілген

әсер $g(s)$ бойынша реттеліп отыратын шама үшін тұйықталған жүйенің басты беріліс функциясы мына түрде жазылады:

$$\Phi(s) = \frac{KW(s)}{1+KW(s)} = \frac{KN(s)}{L(s)+KN(s)} \quad (1.35)$$

Тұйықталған жүйенің сипаттаушы теңдеуі келесі түрде келтірілген:

$$D(s) = L(s) + KN(s) = 0 \quad (1.36)$$

Оны мына түрде де жазуға болады:

$$1 + KW(s) = 0 \quad (1.37)$$

немесе

$$KW(s) = -1 \quad (1.38)$$

Осы тұйықталған жүйенің сипаттаушы теңдеуі ары қарай қолданыла береді. (1.38) теңдеуі түбірлік годограф әдісінің негізгі теңдеуі болып табылады. Тұйықталған жүйенің сипаттаушы теңдеуінің түбірлерін белгілейік:

$$S_1, S_2, \dots, S_n, \quad (1.39)$$

Тұйықталмаған тізбектің беріліс функция полюстері [түбірлері $L(s)$]:

$$P_1, P_2, \dots, P_n, \quad (1.40)$$

Тұйықталмаған тізбектің беріліс функция нөлдері [түбірлері $N(s)$]:

$$N_1, N_2, \dots, N_m \quad (m < n) \quad (1.41)$$

P_i және N_q , шамалары K тәуелді емес. Тұйықталмаған тізбектің $KW(s)$ беріліс функциясының N_1, \dots, N_m нөлдер орналасуын және P_1, \dots, P_n полюстер орналасуын біле тұра S_1, \dots, S_n сипаттаушы теңдеудің түбірлерін анықтау керек. Графикалық түрде берілген жүйенің түбірлік годографы болады. Тұйықталған жүйенің беріліс функция полюстері сипаттаушы теңдеудің түбірлері болып табылады [14]. Осы функцияның нөлдеріне тоқталатын болсақ онда (1.35) теңдеуіне байланысты тұйықталған жүйенің нөлдері осы жүйенің (1.34) тұйықталмаған тізбектің нөлдерімен түйіседі.

Түбірлік годограф әдісінің негізгі теңдеуін түрлендіреміз. Теңдеу (1.38) екі түрге ыдырайды: модуль теңдеулері:

$$K |W(s)| = 1 \quad (1.42)$$

және фаза теңдеулері

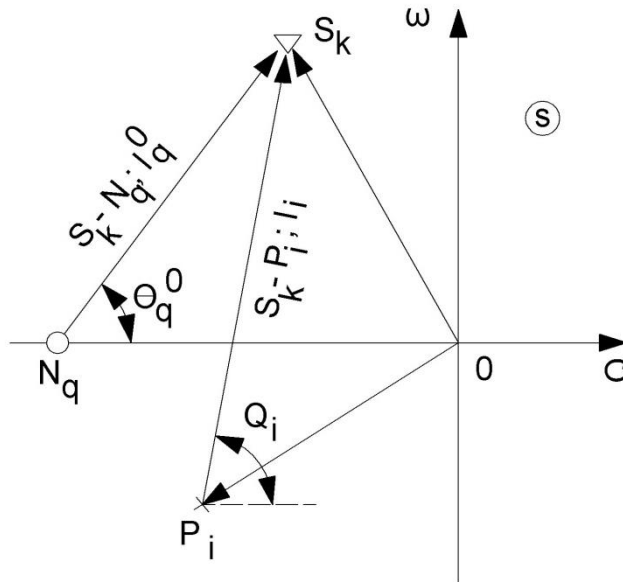
$$\arg KW(s) = \pm (2v - 1)\pi \quad (\vartheta = 1, 2, \dots) \quad (1.43)$$

жазуға болады

$$KW(s) = KC \frac{(s - N_1)(s - N_2) \dots (s - N_m)}{(s - P_1)(s - P_2) \dots (s - P_n)} \quad (1.44)$$

мұндағы s – көп мүшелердің $N(s)$ және $L(s)$ үлкен мүшелік коэффициенттер қатынасы.

S орнына сипатталатын теңдеудің s_k ізделінетін түбірлерінің біреуін қояйық. Жазықтықта $s = \sigma + j\omega$ (1.10 сурет) бұл түбір s_k векторымен суреттеледі. Сонымен қатар P_i ($i = 1, 2, \dots, n$) векторларын және $KW(s)$ функция N_q ($q = 1, 2, \dots, m$) полюстерімен нөлдерін салайық. P_i полюстерін крестик түрінде, N_q нөлдерді дөңгелек, ал s_k түбірлерді ұшбұрыш түрінде белгілейміз. 1.10 суретінде $s_k - N_q$ және $s_k - P_i$ шама векторлары көрсетілген.



1.10 Сурет – Графикалық түрде берілген жүйенің түбірлік годографы

Олардың аргументтерін ϑ_q^0 және ϑ_i арқылы белгілейік, ал модульдерін l_q^0 және l_i . Онда (1.43) фаза теңдеуін (1.42) теңдеуді ескере отырып былай жазуға да болады:

$$\sum_{q=1}^m \vartheta_q^0 - \sum_{i=1}^n \vartheta_i = \pm (2v - 1)\pi, \quad (1.45)$$

Ал (1.42) модульдер теңдеулерін (1.44) теңдеуін ескере отырып келесі түрде жазуға болады:

$$K = \frac{1}{c} \frac{l_1 l_2 \dots l_n}{l_1^0 l_2^0 \dots l_m^0} \quad (1.46)$$

Фазалар теңдеулері (1.43) K тәуелді емес. Сондықтан есептің шешу жолы келесі түрде болуы мүмкін. Алдымен барлық берілгендер P_i және N_q бойынша фаза теңдеулерін (1.43) қанағаттандыратындай s жазықтықта s_{\neq} қалпын таңдап алу қажет. Модуль (1.42) теңдеулері арқылы K параметрінің қай шамасына сәйкес келуін есептеп алу керек. Есептеулер арқылы бірте-бірте барлық түбірлік годографты тұрғызуға болады.

Мысалдарды қарастырайық.

Мысал 1. Берілген

$$KW(s) = \frac{K(\tau s + 1)}{s(T_1^S + 1)(T_2^S + 1)(T_3^S + 1)} \quad (1.47)$$

(1.44) теңдеуіне сай жазуға болады:

$$KW(s) = KC \frac{(s - N_1)}{(s - P_1)(s - P_2)(s - P_3)(s - P_4)} \quad (1.48)$$

мұндағы

$$C = \frac{\tau}{T_1 T_2 T_3}, \quad (1.49)$$

$$N_1 = -\frac{1}{\tau}, \quad (1.50)$$

$$P_1 = 0, \quad (1.51)$$

$$P_2 = -\frac{1}{T_1}, \quad (1.52)$$

$$P_3 = -\frac{1}{T_2}, \quad (1.53)$$

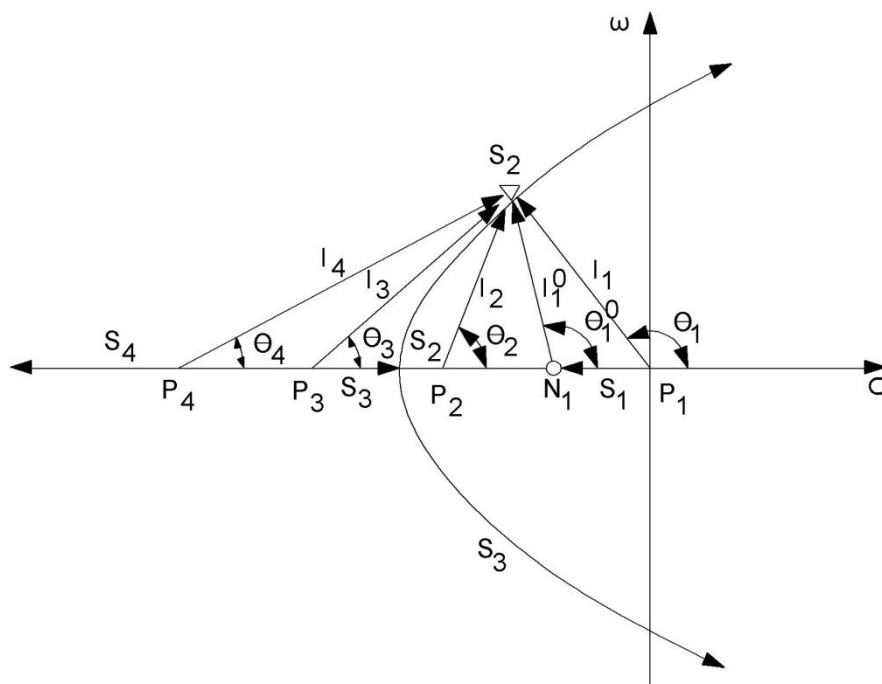
$$P_4 = -\frac{1}{T_3}. \quad (1.54)$$

Берілген нөлдермен полюстерді суреттейік (1.9-сурет). (1.42 және (1.43) теңдеулері бойынша $K = 0$ болған жағдайда барлық s_{\neq} түбірлері P_i полюстеріне сәйкес келеді. Ары қарай фазалар теңдеуі:

$$\vartheta_1^0 - (\vartheta_1 + \vartheta_2 + \vartheta_3 + \vartheta_4) = \pm (2\nu - 1) 180^\circ \quad (1.55)$$

егер ол P_1 және N_1 нүктелер арасында орналса S_1 түбірі үшін қанағаттанады, S_4 түбірі үшін P_4 нүктесінің сол жақ бөлігінде орналса қанағаттанатының тексеру оңайға түседі. K параметрін күшейту арқылы бұл түбірлер 1.11-суретте

көрсетілгендей қозғалады. Ал S_2 және S_3 түбірлері үшін фазалар теңдеуі P_3 және нүктелер арасында орналасқан кезде қанағаттанады. K параметрін күшейту арқылы олар бір-біріне қарай қозғалады. K параметрінің кейбір мәндері бойынша олар түйіседі, K параметрін күшейту арқылы олар комплексті яғни, түйіндес болып кейбір қисықтарда қозғалады, олардың нүктелері фаза теңдеулері қанағаттанатындай етіліп табылады. Бұл қисықтар симметриялы болып келеді себебі түбірлері түйіндес (сурет 1.11)



1.11 Сурет - Графикалық түрде берілген жүйенің түбірлік годографы

Әр түбірлердің нақты жағдайына жауап беретін K параметр шамасы келесі модуль теңдеуі арқылы табылады:

$$K = \frac{T_1 T_2 T_3}{\tau} \frac{l_1 l_2 l_3 l_4}{l_1^0} \quad (1.56)$$

түбірлер траекториясы тек қана фазалар теңдеуі бойынша тұрғызылады, ал модуль теңдеулері K мәніне сәйкес келушілерді анықтау үшін қолданылады.

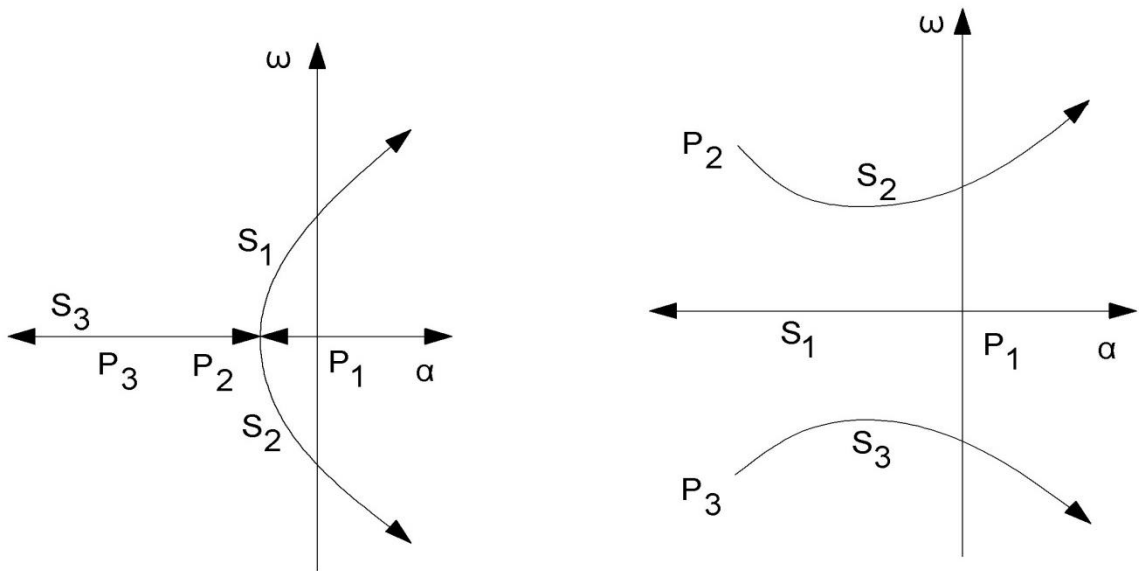
Көрсетілген түрде тұрғызу үрдісі қолайсыз болады, бірақ түбірлік годографты қолданылған кезде оңайлана түседі.

Мысал 2.

Беріліс функциясы тұйықталмаған тізбек арқылы берілген жүйеге түбірлік годограф тұрғызайық. Тұйықталмаған тізбектің беріліс функциясы:

$$KW(s) = \frac{K}{s(T^2 s^2 + 2\xi T_s + 1)} \quad (1.57)$$

1.10 суретте көрсетілген $\xi > 1$ кезде және 1.11 суретте $\xi < 1$ болған кезде.



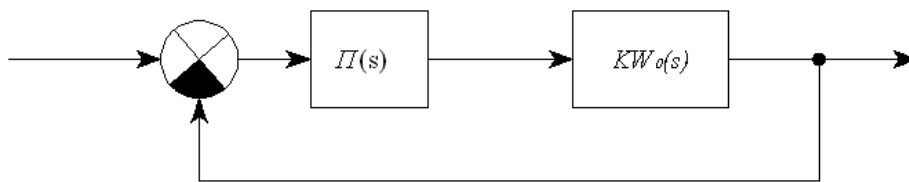
1.12 Сурет, 1.13 Сурет – Беріліс функциясы тұйықталмаған тізбек арқылы берілген жүйеге түбірлік годограф

Түбірлік годограф әдісі көмегімен түзетуші құрылғы синтезінің кейбір элементтерін мысал түрінде келтірейік. 1.14 суретінде сұлбасы көрсетілген жүйеге беріліс функциясы берілген:

$$KW_0(s) = \frac{K}{s(T_1^S + 1)(T_2^S + 1)} \quad (1.58)$$

K күшейткіш коэффициентің және дәйекті түзетуші құрылғының параметрлерін таңдап алу қажет:

$$\Pi(s) = \frac{\tau s + 1}{\beta \tau s + 1} \quad (1.59)$$



1.14 Сурет – Түзетуші құрылғы

Екі нұсқаны қарастырайық:

- а) $\beta = 0,1$ – құрылғы дифференциалданатынға жақын;
- б) $\beta = 10$ – құрылғы интегралданатынға жақын.

Алдымен түзетілмеген жүйенің түбірлік годографын суреттейік. (1.58) теңдеуінің беріліс функциясының полюстері:

$$P_1 = 0, \quad (1.60)$$

$$P_2 = -\frac{1}{T_1}, \quad (1.61)$$

$$P_3 = -\frac{1}{T_2}. \quad (1.62)$$

Түбірлік годограф 1.13 суретінде көрсетілген. Теңдеу (1.58) түзетілген жағдайда:

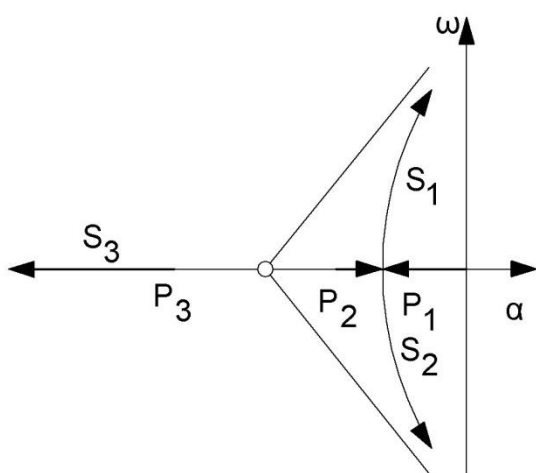
$$KW(s) = \frac{K(\tau s + 1)}{s(T_1^S + 1)(T_2^S + 1)(\beta \tau s + 1)} \quad (1.63)$$

Мұнда тағы бір полюс қосылып тағы бір нөл пайда болады:

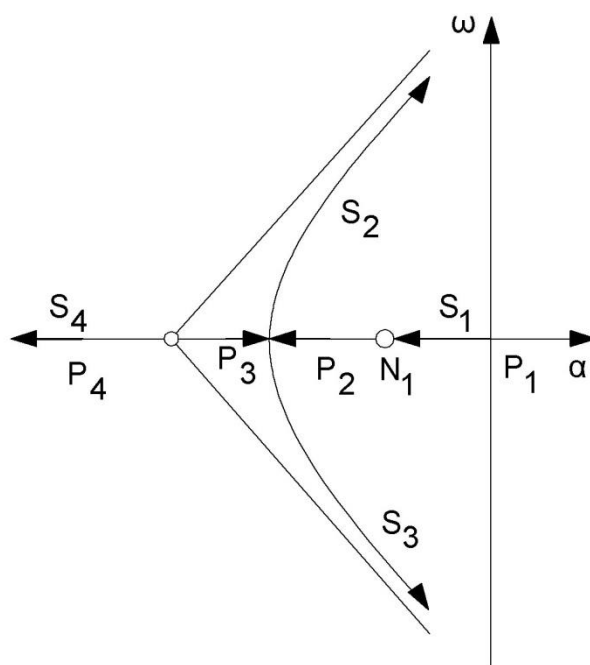
$$P_4 = -\frac{1}{\beta \tau}, \quad (1.64)$$

$$P_3 = -\frac{1}{\tau} \quad (1.65)$$

Бірінші жағдайда ($\beta = 0,1$) N_1 нөлі басыңқы түбірлердің жақын маңында орналасу үшін τ таңдап алу қажет (сурет 1.15). P_4 полюсі он есе қашықтықта сол жақ бағытта орналасуы керек, сонда ол аса мәңсіз болады. Жаңа түбірлік годограф аламыз (сурет 1.15). «Қауіпті» түйіндес түбірлер жорамал осьтен жылжығаны көрініп тұр, ал S_1 жаңа түбірдің әсері N_1 нөліне жақын орналасуына байланысты азайды.



1.15 Сурет – Түбірлік годограф



1.16 Сурет – Түбірлік годограф

Екінші жағдайда ($\beta = 10$) жаңа P_4 полюсі N_1 нөліне қарағанда (1.66) теңдеуіне сәйкес он есе координат басына жақын түседі. Сондықтан, P_4 нөлге жақын, ал жүйе екі есеге астатикалық түрге жақындайды, ол жүйенің орнықтылығын күшейтеді. Түбірлік годограф 1.16-суретінде көрсетілгендей түрге келеді.

Интегро-дифференциалданатын құрылғының қосылуын қарастырайық. Оның беріліс функциясы:

$$P(s) = \frac{(\tau_1^s + 1)(\tau_2^s + 1)}{(\beta_1 \tau_1^s + 1)(\beta_2 \tau_2^s + 1)} \quad (1.66)$$

($\beta = 0,1$), ($\beta = 10$) мәндер бойынша. Бұл жағдайда қосымша екі полюстер мен екі нөлдер бар:

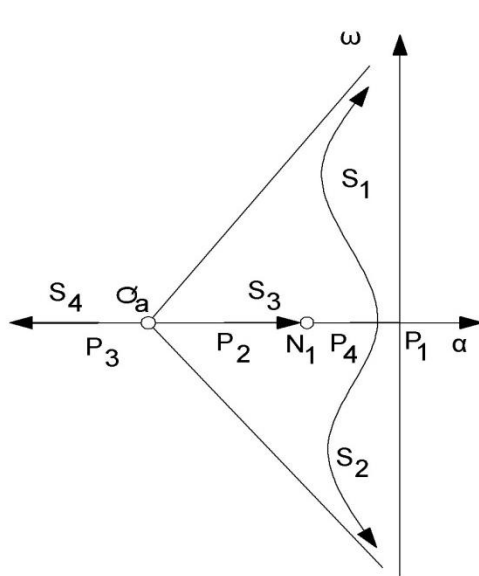
$$P_4 = -\frac{1}{\beta_1 \tau_1}, \quad (1.67)$$

$$P_5 = -\frac{1}{\beta_2 \tau_2}, \quad (1.68)$$

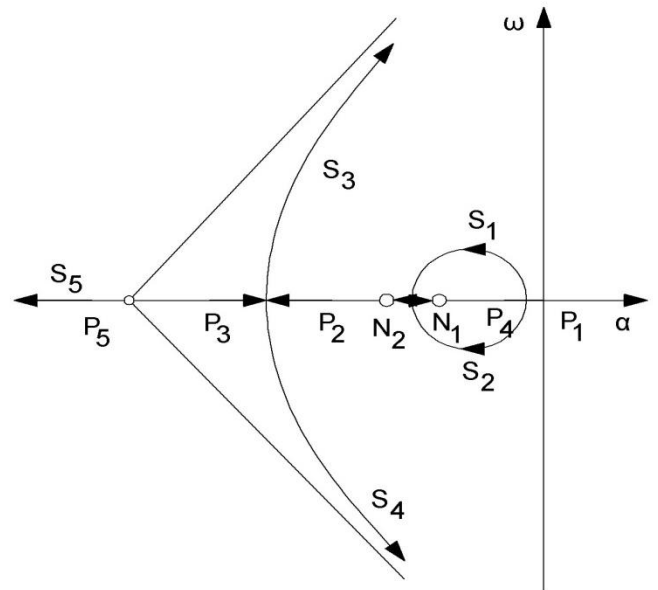
$$N_1 = -\frac{1}{\tau_1}, \quad (1.69)$$

$$N_2 = -\frac{1}{\tau_2}. \quad (1.70)$$

Біріншісі өте кішкентай (нөлге жуық), ал екіншісі сол жаққа алысырақ орналасқан.



1.17 Сурет – Түбірлік годограф



1.18 Сурет – Түбірлік годограф

Алдында S_1 және S_2 түбірлері қанағаттандырылмаған қалыпта болса, қазір олар координат басынан шығарда N_1 және N_2 нөлдерімен қосылады (1.18-сурет). Бұл S_1 және S_2 түбірлері басқаларға қарағанда болжалмалы оське жақын екендігін білдіреді. Бірақ, біріншіден олар орнықсыздықты тудыра алмайды, ал екіншіден олардың әсері жақын орналасқан нөлдермен бейтараптанады. S_3 және S_4 түбірлері K күшейтуімен оңға қарай ұмтылып, болжалмалы осьтен алыс орналасады.

1.1 Тапсырма

Кесу аймағындағы тиімділік температурасы кесуші құрылғының ескіруінің интенсивтілік минимумын қамтамасыз етеді. ХН77ТЮР ыстыққа төзімді балқыманы $r_A = 1$ мм; $\gamma = 0$; $\alpha = \alpha_1 = 10^\circ$; $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$ ұштау параметрлері бар ВК6М кескішімен қайрау кезінде θ_0 тиімділік температурасы 720°C құрайды. Кесу аймағындағы температура «құрал-бөлшек» берілген бу үшін мына формуламен анықталады:

$$\theta = 267 \cdot V^{0,384} \cdot S^{0,132} \cdot t_n^{0,098}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1.71)$$

Желідегі кернеу тербелісі шпиндельдің айналу жылдамдығы $n_{\Delta\varphi}$ және беру механизмінің қозғалтқышының айналу жылдамдығының $n_{ДП}$ есепті мәндерінің (+10% ÷ -15%) алдын ала берілген есепті мәнге ауытқуын тудыруы мүмкін, нәтижесінде кесу аймағындағы температура есепті мәнінен ауытқып кетуі мүмкін. Сонымен қатар $t_{II \max} \div t_{II \min}$ шекарасындағы t_{II} жіберу шамасының өзгеруі де кесу аймағында температураның ауытқуын тудырады. Кесу аймағындағы температураны берілген дәлдігі бар θ_0 деңгейінде ұстап тұру үшін S_3 өзгермеген тапсырма кезіндегі $n_{ДП}$ шпиндель қозғалтқышының айналу жылдамдығын реттей отырып, V -ға өзгертеміз, дегенмен, бұл кезде S шамасы желідегі кернеудің әсерінен S_3 берілген (+10% ÷ -15%) мәндеріне тербеледі.

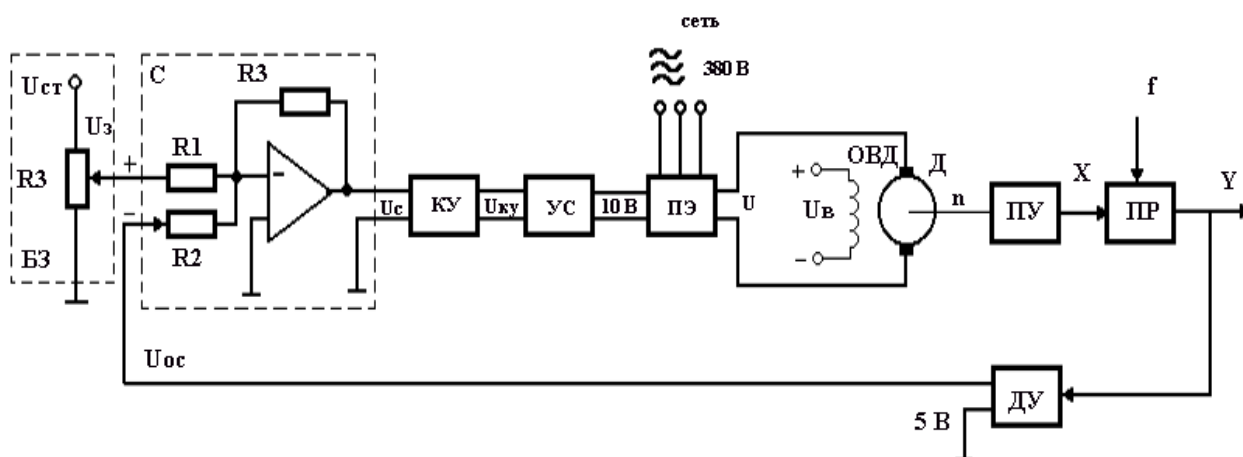
Фаза бойынша $\Delta\varphi = 50^\circ$, модуль бойынша $\Delta L \geq 6$ дБ орнықтылық қорлары бар белгілі қоздыру шамаларында температураны ұстап тұрудың берілген дәлдігін қамтамасыз ететін кесу температурасының АРЖ синтезін жүргізу.

1 Кесте – Есептеуге қажетті мәліметтер

№ нұс.	Кесу режимі				Кесу шарттары	Кесу температурасына жіберу – T, θ
	V , м/мм	S_z , мм/об	$t_{II} = t_{II \max}$, мм	$t_{II} = t_{II \min}$, мм		
10	45	0,11	1,7	1,3	$S_z=S_{z3}$ $S_{z3}=\text{const}$	$\pm 5^{\circ}C$
Түрлендіргш (ТЭ)			Шығыс координатасының датчигі (ДУ) $T_{ДУ}$, сек	Беріліс механикалық құрылғы (БК) $T_{ПУ}$, сек	Сумматор(С), T_{II}, сек	
T_1 , сек		T_2 , сек				
0,142		0,018	0,0	0,0	0,00	

2 Бастапқы мәндерді талдау

Электрқозғағыш әсерлері мен кесу үрдісі сұлбасы 2.1-суретте келтірілген:



2.1 Сурет – Электрқозғағыш әсері мен кесу үрдісі сұлбасы

АРЖ кесу үрдісінің шығыс координатасын берілген дәлдікпен реттейді. Кесу үрдісі сұлбада ПР функционалды блокпен көрсетілген, ПР басқарушы координатасы Х болып, қоздыру әсері f белгіленген. Беріліс құрылғысы – бұл механикалық жүйе, ол кесу үрдісімен басқарушы әсердің механикалық энергиясына қозғалтқыш білігінің механикалық энергиясын түрлендіреді [15]. ПУ сызықты үзбе болып саналады. Динамика тұрғысынан қарағанда $T_{ПВ}$ тұрақты уақыты бар бірінші реттік апериодикалық үзбе болып табылады. Д қозғалтқышы электрлік энергияны білік айналымының механикалық энергиясына түрлендіреді. Қозғалтқыш тәуелсіз қоздыруы бар тұрақты ток машинасы болып келеді. Машина қоздырылуы ОВД орамымен жүзеге асады [4]. Реттеу үрдісінде қоздыру ағыны өзгермейді және оның номиналды мәніне тең болып қалады. Қозғалтқыш жылдамдығын реттеу U зәкір кернеуінің өзгеруімен жүзеге асады.

2 Кесте – Есептеуге қажетті мәліметтер

Қозғалтқыш № 33(Тип 2ПН180ЛУХЛ)							
Қуат, кВт	Кернеу,В	Айналу жиілігі, об/мин		ПӘК, %	15 ⁰ С, Ом кезіндегі орам кедергісі		Зәкір индуктивтілігі, мГн
		п _{ном}	п _{мах}		зәкірдің	қоздырудың	
42	440	3000	3500	0,5	0,065	46,7/13	2,2

Электрлік энергияны түрлендіруші (ЭТ) үшфазалы айнымалы токтың өндірістік желісінің электрлік энергиясын тұрақты ток электр энергиясына түрлендіреді және Д қозғалтқыш зәкірін қоректендіретін U шығыс кернеу шамасын реттейді. Энергия түрлендіргіші сызықты үзбе болып келеді [8]. Шығыс кернеу U 10 В басқару кернеуі кезіндегі номиналды мәніне тең. Үрдіс динамикасы тұрғысынан қарағанда ПЭ T_1 және T_2 тұрақты уақыттары бар екінші реттік апериодикалық үзбе болады.

УС – күшейткіш, инерционды емес үзбе болып келеді, ол түзетуші құрылғыдан келген кернеулі күшейтеді [5].

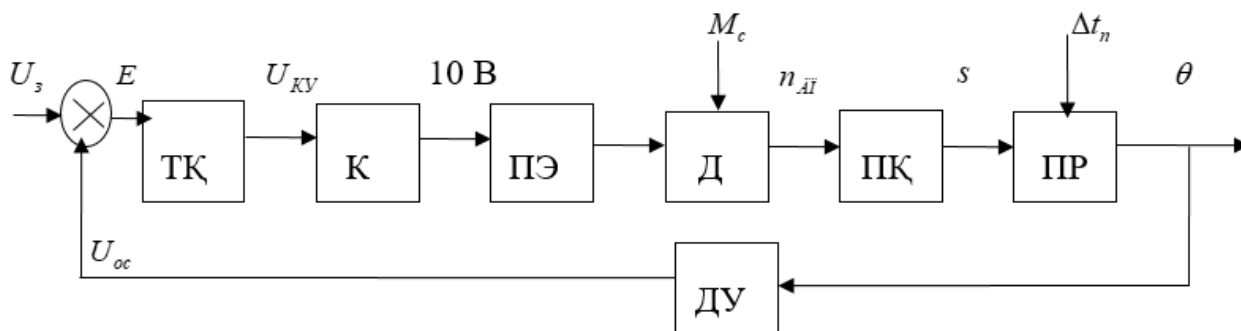
КУ – түзетуші құрылғы. Түзетуші құрылғы АРЖ динамикалық қасиеттерін түзетеді. КУ беріліс статикалық коэффициенті 1-ге тең.

ТБ (БЗ) – тұрақтандырылған кернеу мен резистор R3 көзінен тұратын тапсырмалар блогы, ол АРЖ шығыс координатасының тапсырма шамасын анықтайтын U_3 кернеу шамасын береді.

ДҚ (ДУ) – кесу үрдісінің шығыс координата өлшеуіш жүйесі. Динамика тұрғысынан қарағанда ол $T_{ду}$ тұрақты уақыты бар бірінші реттік апериодикалық үзбе болады. Шығыс координатасының номиналды мәні кезінде $U_{oc}=5$ В кернеуді береді.

С – операционды күшейткіш базасындағы сумматор, 1-ге тең беріліс коэффициенті бар инерционды емес үзбе. Сомалау $U_c=U_3-U_{oc}$ алгоритмі бойынша жүзеге асады.

Функционалды сұлба былай болады:



2.2 Сурет – АРЖ функционалды сұлбасы

Басқаша функционалдау алгоритмі бойынша берілген АРЖ бақылаушы жүйе болып табылады. Ондағы шығыс шамасы – кесу жылдамдығы, ол кірістегі кернеудің өзгеруі кезіндегі берілген дәлдікпен реттеледі, яғни жүйе шығыс координатасы арқылы басқарады. Жүйе кірісіне берілген кесу жылдамдығына сәйкес келетін U_3 кернеу беріледі. Бұл кернеу кері байланыс датчигінен келіп түсетін U_{oc} кернеуімен салыстырылады. Осы кернеулердің ε реттеу қателігі - нөлдік емес айырмашылығы болса, онда ол сәйкес белгімен ТҚ, К, ПЭ-ға келіп түседі. Олай болса ПЭ өзінің кірісіндегі кернеуді өзгертеді, себебі реттеу қателігін түйістіру – минимум немесе нөлге дейін қозғалтқыштың айналу жылдамдығының өзгерту керек. Егер жүйеге қоздырулар әсер етсе, онда кері

байланысы бар жүйе тұрақтының кесу жылдамдығын ұстай отырып, осы қоздырулардың орнын толтырады [3].

2.1 Кесу үрдісін талдау

Кесу үрдісін талдауды бірнеше кезеңдерде мына түрде жүргізуге болады:

1) ПР шығыс координаттар құрамын анықтау, онда бұл ретінде кесу аймағындағы температураны, жоңқа параметрлерін, кесу күшін, өңделген беттің кедір-бұдырлылық деңгейін, құралдың істен шығуын, кесу жылдамдығын және т.б. алуға болады [13].

2) Шығыс координатасының таңдауы, ол кесу үрдісіне едәуір тиімді жұмыс істейді. Шығыс координатасы ретінде ПР максималды сапасы, құралдың минималды істен шығуы және т.б. сәйкес келетін кесу аймағындағы тиімді температураны алуға болады.

3) БО математикалық сипатталуы: (1) теңдеуі түрлі әсерлердің V , S , t_n шығыс координатаға θ әсерін бейнелейді:

$$\theta = 267 \cdot V^{0,384} \cdot S^{0,132} \cdot t_n^{0,098} . \quad (2.1)$$

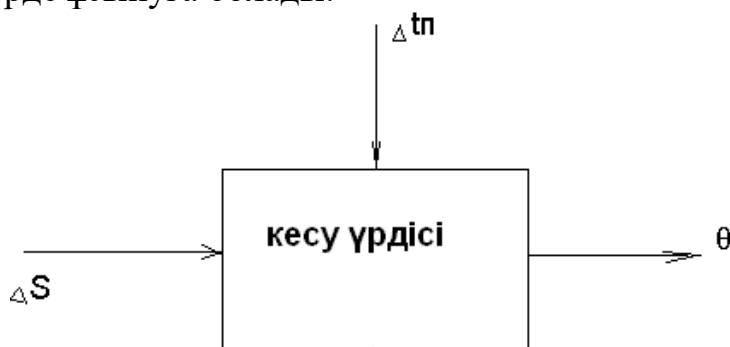
4) Шектеулерді анықтау, ол ПР-ға сәйкес әрекет етуі тиіс. Бұл шектеу: жылдамдық тек номиналды мәннен төмен реттелуі мүмкін, яғни кесу үрдісінің кіріс координатасын азайту.

5) Басқарушы координаттар құрамын анықтау (БК (УК)). Шығыс координатаға кесу тереңдігі t_n , беру S және жылдамдық V әсер береді.

6) БК құрамындағы басқару координатасының таңдауы, ол шығыс координатаға едәуір үлкен әсер етеді [12]. (1) теңдеуден жылдамдықтың кесу температурасына тиімді әсер ететінін көрініп тұр. Сондықтан да басқарушы координата – V болады.

7) Қоздырулар құрамын анықтау. Шарт бойынша ПР-ге қоздыру ретінде t_n max – t_n min аралығындағы өлшемі алынатын жіберілім шамасының өзгерісі әсер береді. V шамасы да қоздыру әсері болып келеді, өйткені ол желідегі кернеудің берілген (+10% ÷ –15%) V_3 мәннен тербеледі.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, кесу үрдісін басқару объектісі ретінде келесі түрде ұсынуға болады:



2.3 Сурет – Кесу үрдісі

8) Қоздыру өзгерісінің аралығын анықтау. тп 1,3-ден 1,7 мм-ге дейінгі аралықта өзгереді, яғни $\Delta t_n = 0,4$ мм;

V берілген (+10% ÷ -15%) V_3 -ге тербеледі:

$$V_{min} = V_3 - V_{z3} * 0,15 = 38,25 \text{ м/мин};$$

$$V_{max} = V_3 + V_{z3} * 0,1 = 49,5 \text{ м/мин};$$

$$\Delta V = 11,25.$$

9) Шығыс координата ауытқууын анықтау қоздырудың біріге әрекет етуінде кесу аймағындағы температура мына шектеулерде өзгереді:

$$\theta_{min} = 267 \cdot 38,25^{0,384} \cdot 0,11^{0,132} \cdot 1,3^{0,098} = 829,6, \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_{ном} = 267 \cdot 45^{0,384} \cdot 0,11^{0,132} \cdot 1,5^{0,098} = 895,5, \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_{max} = 267 \cdot 49,5^{0,384} \cdot 0,11^{0,132} \cdot 1,7^{0,098} = 940,3, \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta\theta = 110,7 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad \frac{\Delta\theta}{\theta_0} = \frac{110,7}{720} * 100\% = 15,375 \%$$

Шығыс координата нақты ауытқууы $V \pm 5 \text{ } ^\circ\text{C}$ талап етілетін мәннен едәуір үлкен, және сондықтан да шығыс координатасы АРЖ синтезі керек.

2.2 АРЖ құрылымдық сызбасын өндеу

Құрылымдық сұлбаны функционалды сұлба және 1-суреттегі сұлба негізіне қарап құрамыз. АРЖ өзгермейтін бөлігінің құрылымдық сұлбасы түзетуші құрылғыдан басқа өзіне АРЖ бүкіл элементерін қосады.

Энергия түрлендіруші. Үрдістің динамикасы тұрғысынан қарағанда, ПЭ T_1 және T_2 тұрақты уақыттары бар екінші реттік апериодикалық үзбе болады. Оның беріліс функциясы мына түрде болады:

$$W_{nэ}(p) = \frac{k_{nэ}}{(T_1 \cdot p + 1) \cdot (T_2 \cdot p + 1)}, \quad (2.2)$$

уақыт тұрақтылары мәндері кестелерде берілген. Коэффициент $k_{nэ} = U_d / 10 \text{ В}$, $k_{nэ} = \frac{440}{10} = 44$ болса, онда

$$W_{nэ}(p) = \frac{44}{(0,142 \cdot p + 1) \cdot (0,018 \cdot p + 1)} \quad (2.3)$$

ПУ сызықты үзбе болып келеді. Динамика тұрғысынан қарағанда, ол $T_{пу}$ уақыт тұрақтысы бар бірінші реттік апериодикалық үзбе болып саналады, онда

$$W_{i\acute{o}}(p) = \frac{k_{i\acute{o}}}{(\dot{O}_{i\acute{o}} \cdot p + 1)}, \quad (2.4)$$

мұндағы $k_{IV} = \frac{s_{ном}}{n_{ном}}$.

Тапсырма бойынша $T_{IV} = 0$, онда

$$W_{IV}(p) = \frac{V_{ном}}{n_{ном}} \quad (2.5)$$

$$W_{IV}(p) = \frac{45}{3000} = 0,015 \quad (2.6)$$

Кері байланыс датчигі (ДУ),

$$W_{DV}(p) = \frac{k_{DV}}{(T_{DV} \cdot p + 1)} \quad (2.7)$$

мұндағы $k_{IV} = \frac{5B}{\theta_0} = \frac{5}{720} = 0,00694$.

Тапсырма бойынша $T_{DV} = 0$, онда

$$W_{\hat{A}\acute{o}}(p) = \frac{5\hat{A}}{\theta_0} = \frac{5}{720} = 0,00694 \frac{B}{^\circ C}, \quad (2.8)$$

$$W_{\hat{A}\acute{o}}(p) = 0,00694 \frac{\hat{A}}{^\circ \tilde{N}}. \quad (2.9)$$

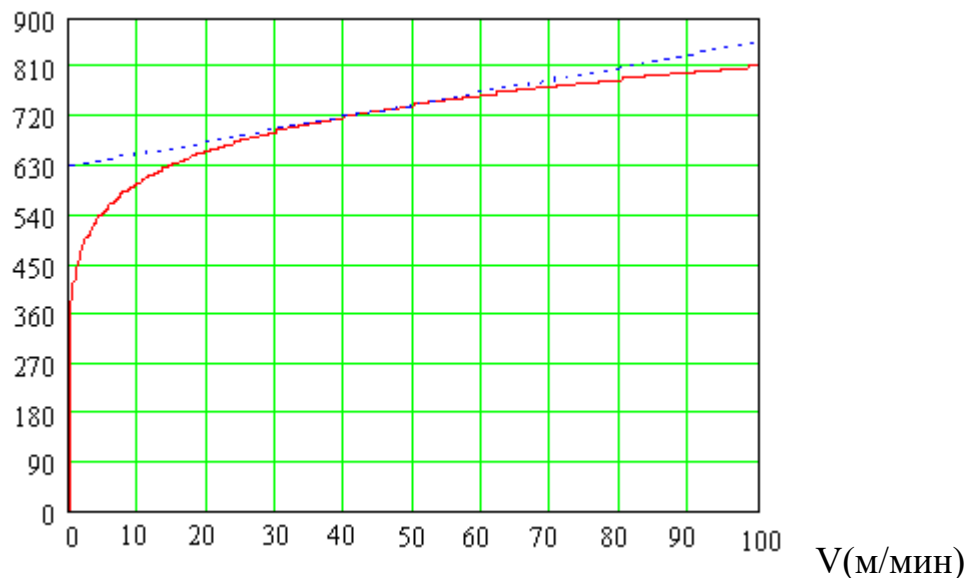
Кесу үрдісі (КҮ (ПР)) (1) тендеумен суреттеледі:

Кесу аймағындағы температура тәуелділігі

$$t_{II} = \frac{t_{II\min} + t_{II\max}}{2} = \frac{1,3 + 1,7}{2} = 1,5 \text{ мм кезінде мынадай түрге ие болады,}$$

$$\theta_0 = 267 \cdot V^{0,384} \cdot 0,11^{0,132} \cdot 1,5^{0,098} = 207,602 \cdot V^{0,384}, ^\circ C \quad (2.10)$$

θ_0 ($^{\circ}\text{C}$)



2.4 Сурет – Жылдамдығына байланысты кесу аймағындағы температура тәуелділігі

Жанама теңдеуі мынадай болады:

$$y = \theta_0(V) + \frac{d\theta_0}{dV}(V - V_0), \quad (2.11)$$

мұндағы

$$\theta_0 = 207,6 \cdot 45^{0,384} = 895,499 ;$$

$$\frac{d\theta_0}{dV} = 207,6 \cdot 0,384 \cdot 45^{(0,384-1)} = 207,6 \cdot 0,384 \cdot 45^{-0,616} = 7,642 ;$$

$$y = 895,499 + 7,642 \cdot (V - 45) ;$$

$$895,499 - 7,642 \cdot 45 = 551,609 ;$$

$$k_{np} = 7,642 \quad V = 45 \text{ м/мин кезінде.}$$

Осы тәуелділікті сызықтай отырып, келесі теңдеуге ие боламыз:

$$\theta_0 = 7,642 \cdot S + 551,609$$

$$K_I = 7,6.$$

(1) теңдеуді t_{II} қоздыру әрекеті кезіндегі беріліс коэффициентін алу үшін сызықты жүйеге келтіреміз:

$$\theta_0 = 267 \cdot 45^{0,384} \cdot 0,11^{0,132} \cdot t_{II}^{0,098} = 860,615 \cdot t_{II}^{0,098}, \quad ^{\circ}\text{C} \quad (2.12)$$

Жанама теңдеуі мынадай болады:

$$y = \theta_0(t_i) + \frac{d\theta_0}{dt_i}(t_i - t_{i0}) \quad (2.13)$$

$$\theta_0 = 860,615 \cdot 1,5^{0,098} = 895,5 ;$$

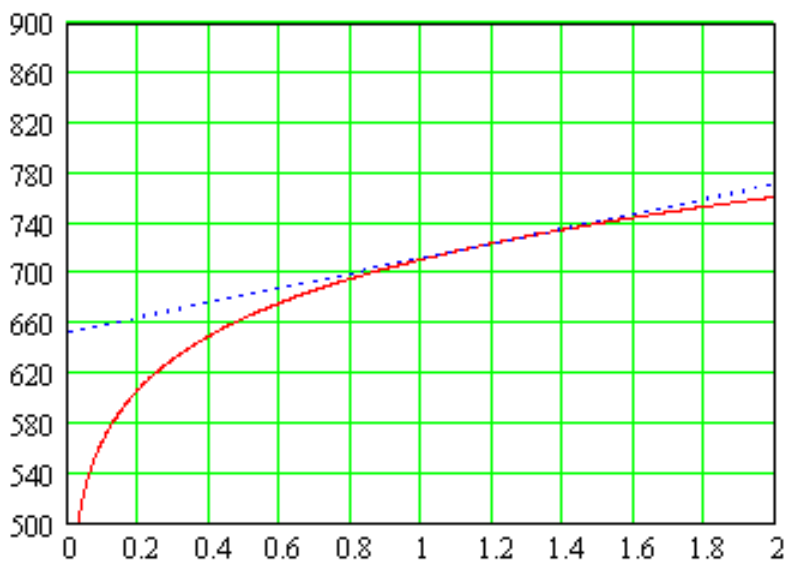
$$\frac{d\theta_0}{dt_{II}} = 860,615 \cdot 0,098 \cdot 1,5^{-0,902} = 58,506 ;$$

$$y = 895,5 + 58,506 \cdot (t_{II} - 1,5) ;$$

$$895,5 + 58,506 \cdot 1,5 = 983,259 ;$$

$$k_{np} = 58,506 \text{ } t_{II} = 1,5 \text{ мм кезінде.}$$

θ_0 ($^{\circ}\text{C}$)



t_{II} (мм)

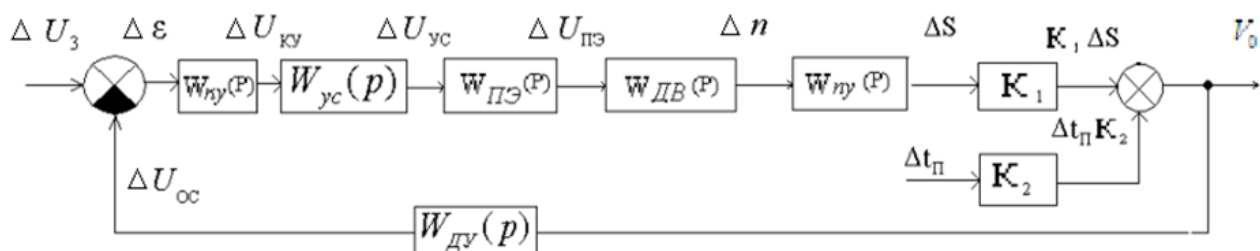
2.5 Сурет – Кесу тереңдігіне байланысты кесу аймағындағы температура тәуелділігі

Осы тәуелділікті сызықтандыра отырып:

$$\theta_0 = 58,506 \cdot t_{II} + 983,256 \text{ аламыз,}$$

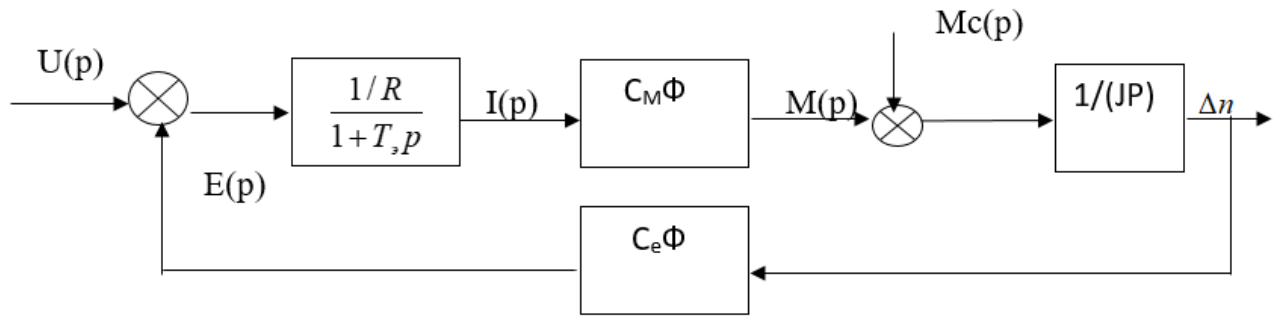
$$K_2 = 58,5 \text{ аламыз.}$$

Онда кесу үрдісі келесі сұлба түрінде ұсынуға болады:



2.6 Сурет – АРЖ құрылымдық сызбасы

Қозғалтқыш. Электрлік қозғалтқыш екі бөліктен тұрады: электрлік және механикалық [9].



2.7 Сурет – Қозғалтқыштың құрылымдық сызбасы

Электрлік тепе-теңдік теңдеуі:

$$U = E + I \cdot R + L \cdot \frac{dI}{dt} \quad (2.14)$$

Механикалық бөлігінің теңдеуі:

$$E = C_e \cdot \Phi \cdot \omega; \quad (2.15)$$

$$M = M_c + J \cdot \frac{d\omega}{dt}; \quad (2.16)$$

$$M = C_m \cdot \Phi \cdot I \quad (2.17)$$

$$J = J_{ном} \cdot 3 = 0.23 \cdot 3 = 0.69 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

$$I_H = \frac{P_H}{\eta \cdot U_H} = \frac{42 \cdot 10^3}{0.905 \cdot 440} = 105,48 \text{ А},$$

$$\omega_H = \frac{2\pi \cdot n_{ном}}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 3000}{60} = 314 \text{ рад/с},$$

$$C_e \Phi = \frac{U_H - I_{яH} \cdot R_{я}}{\omega_H} = \frac{440 - 105,48 \cdot 0,065}{314} = 1,379 \text{ В} \cdot \text{с/рад},$$

$$P = M_{ном} \cdot \omega_{ном}, \Rightarrow M_{ном} = \frac{P}{\omega_{ном}} = \frac{42 \cdot 10^3}{314} = 133,758 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$C_m \Phi = \frac{M_H}{I_H} = \frac{133,758}{105,48} = 1,268 \text{ Н} \cdot \text{м/А},$$

$$T_s = \frac{L_{я}}{R_{я}} = \frac{2,2 \cdot 10^{-3}}{0,065} = 0,034$$

$$\begin{aligned}
W_d(p) &= \frac{W_{\Pi}(p)}{1+W_{\Pi}(p) \cdot W_{\text{oc}}(p)} = \frac{\frac{1/R_{Я}}{1+(L_{Я}/R_{Я})p} \cdot C_M \Phi \cdot \frac{1}{Jp}}{1+\left(\frac{1/R_{Я}}{1+(L_{Я}/R_{Я})p} \cdot C_M \Phi \cdot \frac{1}{Jp}\right) \cdot C_e \Phi} = \\
&= \frac{\frac{15,385}{1+0.034p} \cdot 1,268 \cdot \frac{1}{0.69p}}{1+\left(\frac{15,385}{1+0.034p} \cdot 1,268 \cdot \frac{1}{0.69p}\right) \cdot 1,379} = \frac{0,725}{0.000872p^2 + 0.02565p + 1} \\
K_{\partial e} &= 0.725
\end{aligned}$$

Күшейткіш (К) УС. Инерционды емес үзбе болып келеді, оның беріліс функциясын мына шарттан табамыз:

$$K_{PC} = K_{KV} \cdot K_{YC} \cdot K_{\Pi\Theta} \cdot K_d \cdot K_{\Pi V} \cdot K_{\Pi P} \cdot K_{DV}, \quad (2.18)$$

мұндағы $K_{KV} = 1$,

$$\Delta Z = \frac{\Delta P}{1 + K_{PC}}, \quad (2.19)$$

мұндағы $\Delta Z = 5$, $\Delta P = 110,7$ ($\Delta P = \Delta \Theta = 110,7$), онда

$$K_{PC} = \frac{\Delta P}{\Delta Z} - 1 = \frac{\Delta P - \Delta Z}{\Delta Z} = \frac{110,7 - 5}{5} = 21,14,$$

$$K_{YC} = \frac{K_{PC}}{K_{\Pi\Theta} \cdot K_d \cdot K_{\Pi V} \cdot K_{\Pi P} \cdot K_{DV}} = \frac{21,14}{44 \cdot 0,725 \cdot 0,015 \cdot 7,6 \cdot 0,00694} = 837,626.$$

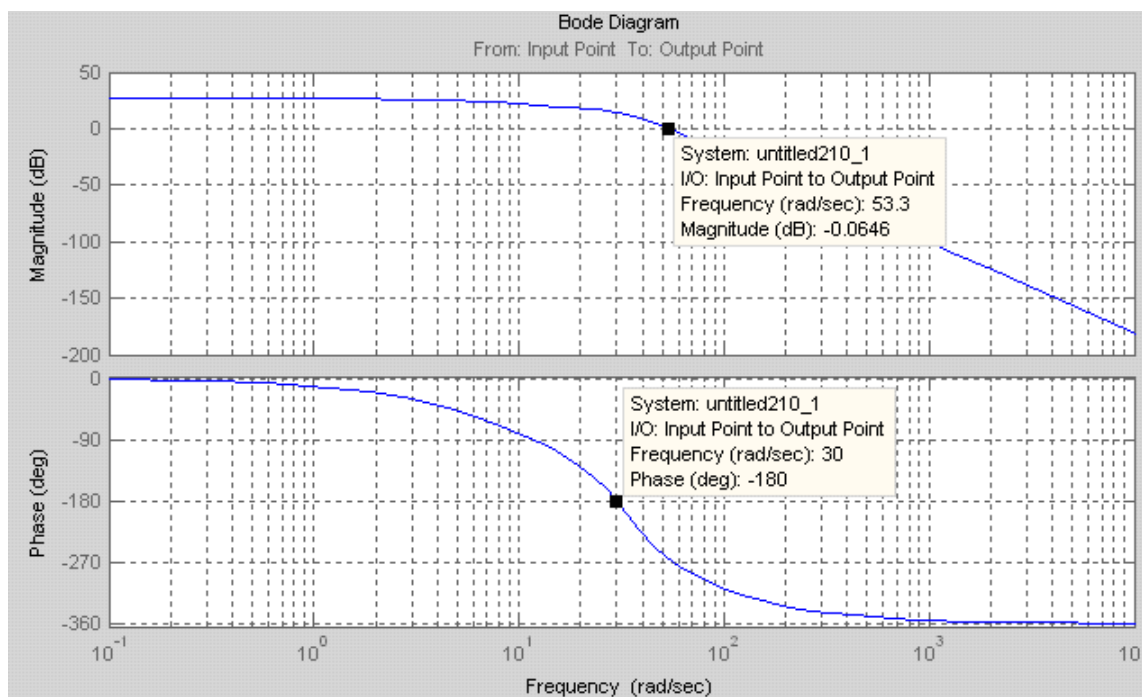
2.3 Қиыстырылған АРЖ орнықтылығын талдау

Орнықтылық талдауын логарифмдік жиіліктік сипаттамаларды қолдана отырып Найквисттің орнықтылық логарифмдік критерийі көмегімен жүзеге асырамыз. Ол үшін тұйықталмаған жүйенің ЛАС мен ЛФС құрамыз.

$$W_{\partial N}(\partial) = W_{\partial N}(\partial) \cdot W_{\partial Y}(\partial) \cdot W_{\partial A}(\partial) \cdot W_{\partial O}(\partial) \cdot W_{\partial B}(\partial) \cdot W_{\partial O}(\partial) \quad (2.20)$$

$$\begin{aligned}
W_{PC}(p) &= 837,626 \cdot \frac{44}{(0.142 \cdot p + 1) \cdot (0.018 \cdot p + 1)} \cdot \frac{0.725}{(0.000872 \cdot p^2 + 0.02565 \cdot p + 1)} \cdot 0,015 \cdot \\
7,642 \cdot 0,00694 &= \frac{21,2}{(0.142 \cdot p + 1) \cdot (0.018 \cdot p + 1) \cdot (0.000872p^2 + 0.02565p + 1)};
\end{aligned}$$

Олай болса, түзетілмеген жүйенің ЛАС мен ЛФС келесі түрде болады:



2.8 Сурет – Түзетілмеген жүйенің ЛАС

Тұрғызылған ЛЖС мен ЛФС талдауы кезінде түзетілмеген жүйе орнықсыз екенін байқаймыз. ЛЖС ЛАС 0-ді арқылы өтем дегенше 180 ерте қиып өтеді. Графиктен көріп тұрғанымыздай жүйе көрсетіліп отырған талаптарды қанағаттандырмайды. Түзетуші құрылғы қолдану керек.

Демек, түзетуші құрылғы (ТҚ (КУ)) енгізу жолымен АБЖ түзету қажет.

2.4 Өнделген сапа көрсеткіштері бар АРЖ жинақтау

Алдыңғы пункттерде ұсынылған ЛЖС және ЛФС графиктерінен қисықтарды «көтеріңкіреу» керек екені көрініп тұр. Демек бізге фаза бойынша кешігуі бар түзетуші құрылғы қажет екен.

Түзетуші құрылғы ретінде мына түрдегі беріліс функциясы бар интегралды-дифференциалдық үзбені қабылдаймыз:

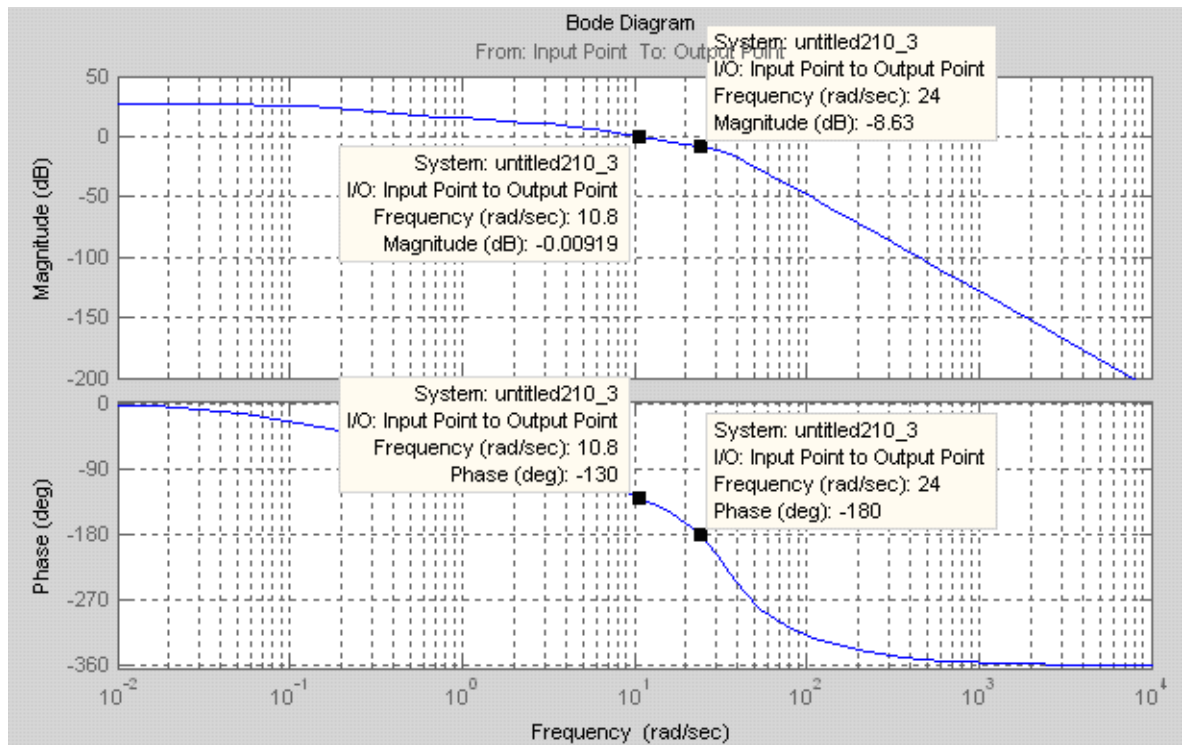
$$W_{KY}(p) = \frac{(T_1 p + 1) \cdot (T_2 p + 1)}{(T_3 p + 1) \cdot (T_4 p + 1)} \quad (2.21)$$

Интегралды-дифференциалдаушы үзбені тұйықталмаған жүйенің коэффициенті өзгермейтіндей етіп қабылдауымыз керек, өйткені $K_{KY} = 1$.

Бізге дәйекті түрде енгізілген түзетуші құрылғы сәйкес келеді, оның беріліс функциясы мынадай болмақ:

$$W_{KV}(p) = \frac{(1+0.05p)(1+1.1p)}{(1+0.25p)(1+5.3p)} \quad (2.22)$$

Түзетілген жүйе ЛАС 2.9-суретте келтірілген.



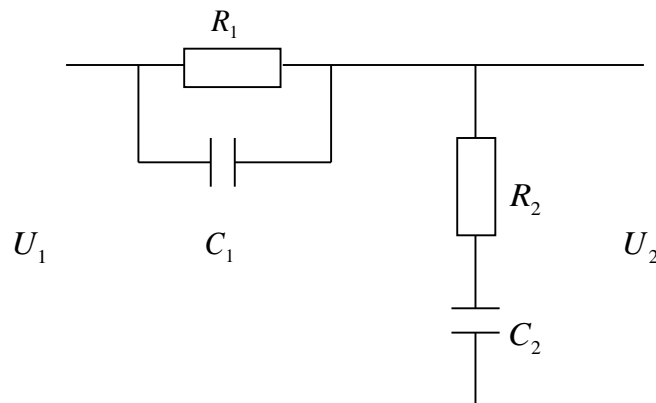
2.9 Сурет – Түзетілген жүйе ЛАС

$$\Delta L = 8,6 \text{ дБ},$$

$$\Delta \varphi = 180^\circ - 130^\circ = 50^\circ.$$

АРЖ орнықты болып келеді, өйткені ЛАС ЛФС -180 арқылы өтем дегенше 0-ді ерте қиып өтеді. Графиктерден жүйенің тапсырма бойынша қажет ететін модуль бойынша – 13,2 дБ($\Delta L \geq 6$ дБ) және фаза бойынша– 50 орнықтылық қорларына жақсы ие екеніне көзіміз жетеді.

Түзетуші құрылғының іске асуын жасаймыз. Түзетуші құрылғы сұлбасы келесі түрде болады:



2.10 Сурет – Түзетуші құрылғы сызбасы

$$T_1 = R_1 \cdot C_1 \text{ және } T_2 = R_2 \cdot C_2$$

$C_1 = 10$ мкФ қабылдаймыз, ал $C_2 = 20$ мкФ болса, онда

$$R_1 = \frac{T_1}{C_1} = \frac{0,05}{10 \cdot 10^{-6}} = 5 \text{ кОм};$$

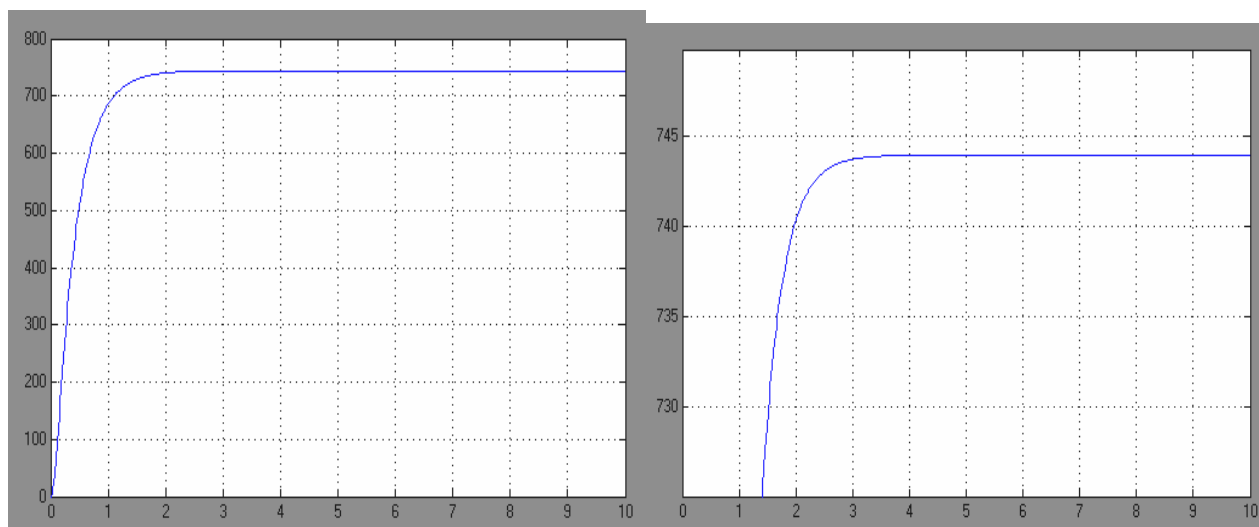
$$R_2 = \frac{T_2}{C_2} = \frac{0,25}{20 \cdot 10^{-6}} = 12,5 \text{ кОм}.$$

2.5 АРЖ сапасын талдау

Синтезделген АРЖ-дағы өтпелі үрдістердің талдауын жасаймыз.

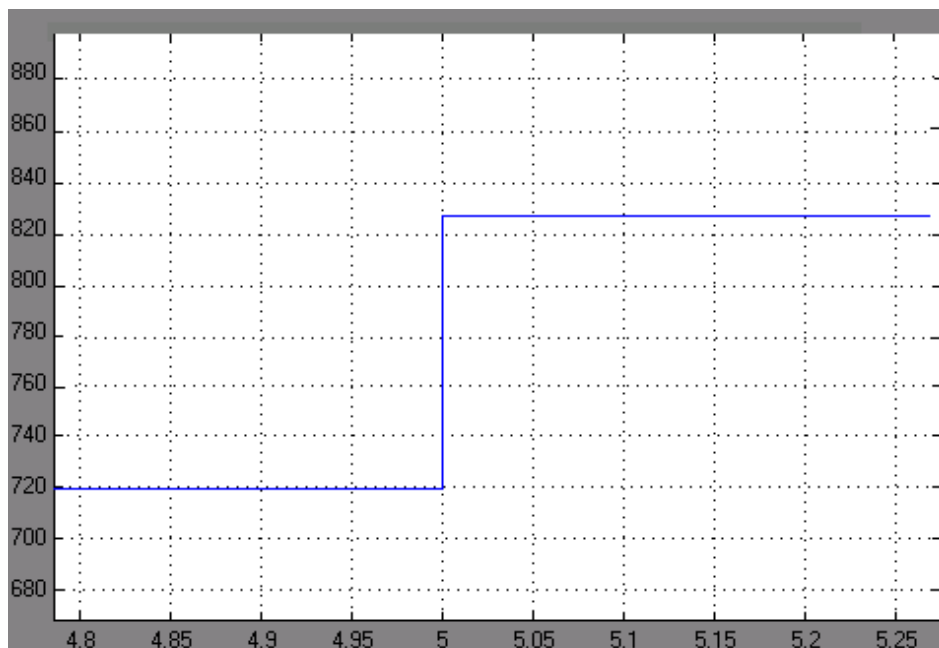
Тұйықталмаған АРЖ:

1) Тұйықталмаған АРЖ үшін басқарушы әсердің мүмкіндігінше максималды өзгерісі кезіндегі шығыс координатасының өтпелі үрдісі:



2.11 Сурет – Қоздырусыз тұйықталмаған АРЖ өтпелі үрдісі, басқарушы әсердің максималды мәні кезінде

2) Шығыс координатасының қоздыруының максималды ауытқуы кезіндегі өтпелі үрдісі:

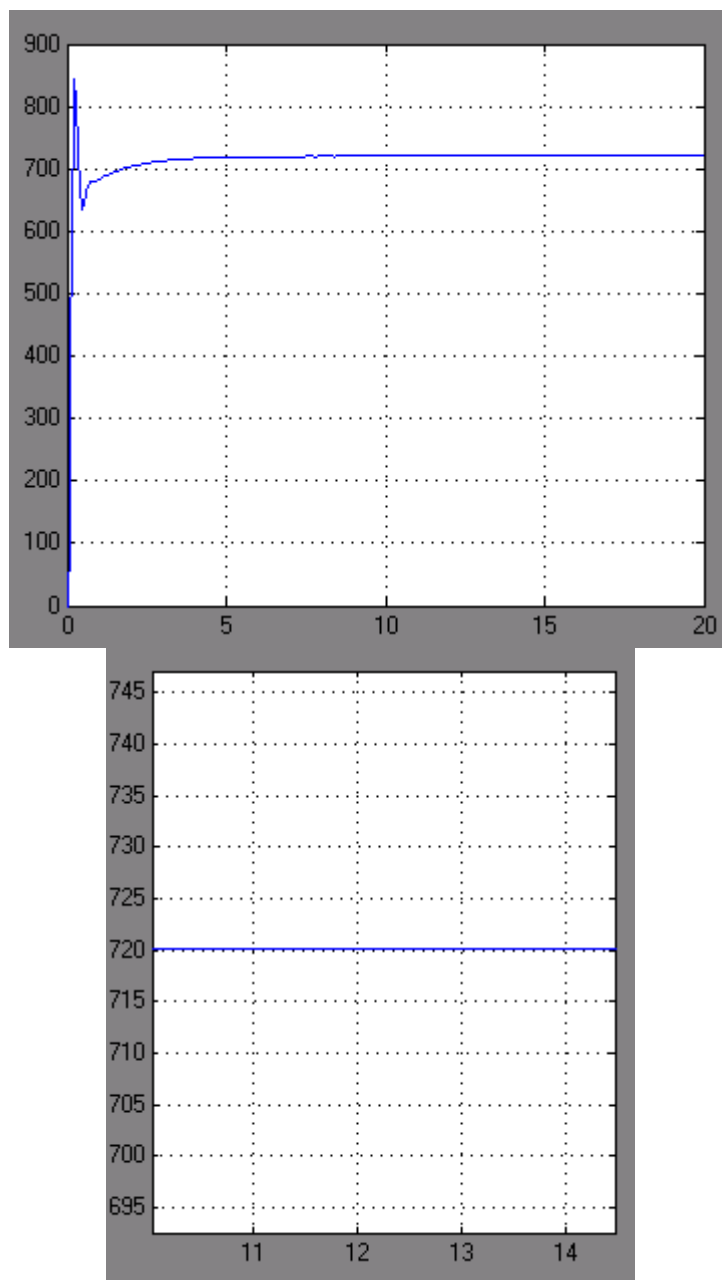


2.12 Сурет – Қоздыруы бар тұйықталмаған АРЖ өтпелі үрдісі

Өтпелі үрдіс орнықты, уақыты бар жүйе тұрақталынады, бірақ шығыс координатаның орнатылатын мәні қажетті мәннен алшақ. Шығыс координата ауытқуы $\Delta\theta = 108^\circ \text{C}$ құрайды, есептеуші $\Delta\theta = 110,5^\circ \text{C}$, ал берілген қателік 5°C .

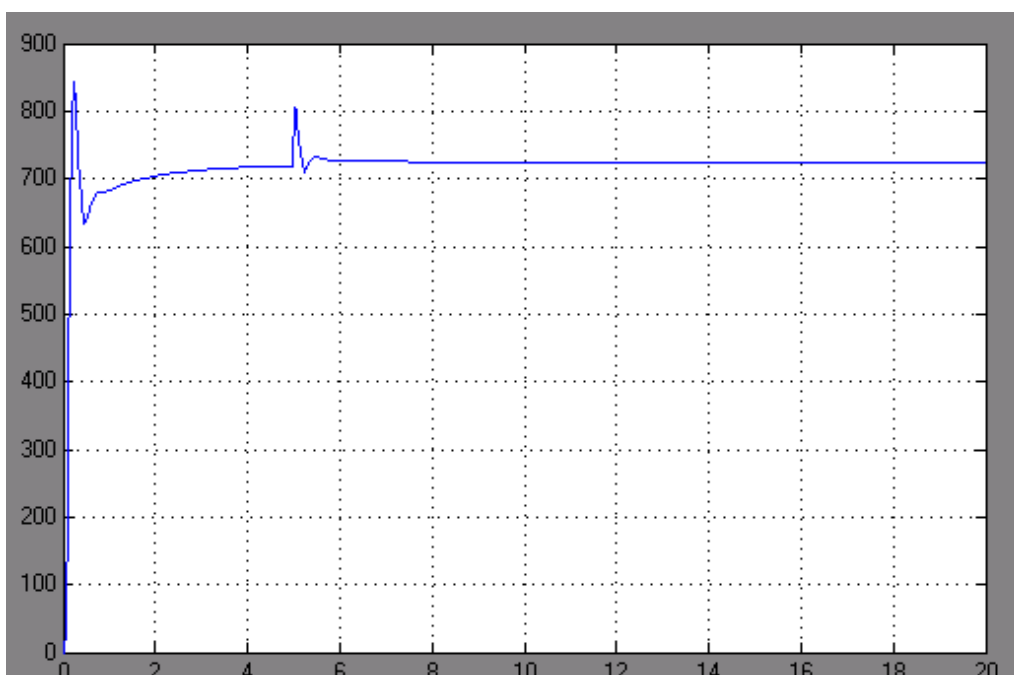
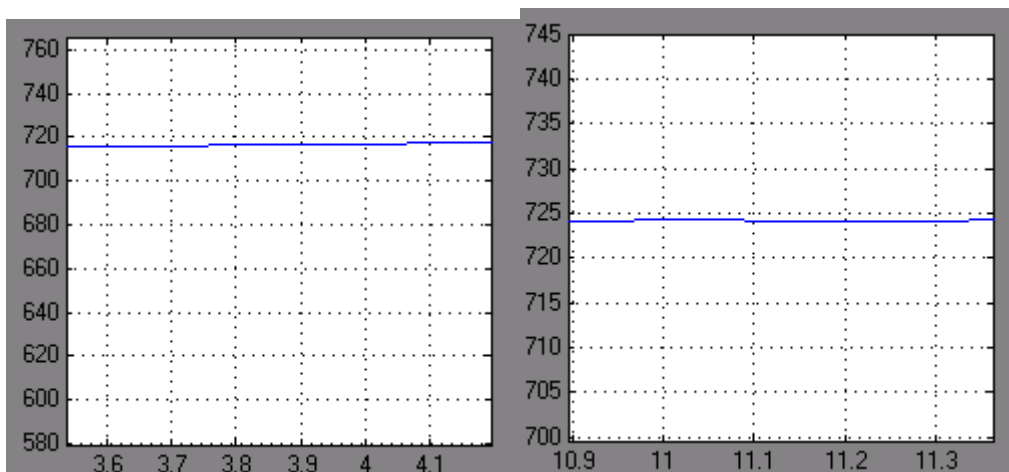
2.6 Өңделген тұйықталған АРЖ

Тұйықталған АРЖ үшін басқарушы әсердің мүмкіндігінше максималды өзгерісінде шығыс координатасы өтпелі үрдісі ($\pm 5^\circ \text{C}$ шектеулеріндегі шығыс координатаның ауытқуы):



2.13 Сурет – Қоздырусыз тұйықталған АРЖ өтпелі үрдісі

Қоздырудың максималды ауытқуы кезіндегі шығыс координатасының өтпелі үрдісі ($\pm 5^\circ \text{C}$ шектеулеріндегі шығыс координатасының ауытқуы):



2.14-сурет – Қоздыруы бар тұйықталған АРЖ өтпелі үрдісі

Өтпелі үрдістің графигінен жүйенің орнықты екенін көруге болады. Біз қалағанымыздай $t_{п}$ -нің $t_{min} = 1.3$ мм-ден $t_{п max} = 1.7$ мм-ге дейін өзгерісі кезінде 5 секунд ішінде өңдеу қателігі $\pm 5^{\circ} C$ құрайды (қоздыру әсеріне дейін – $720^{\circ} C$, қоздыру әсерінен кейін – $725^{\circ} C$).

АРЖ сапа бағасы келесі өтпелі функциялар көрсеткіштері арқылы бағаланады:

- $u_{уст}$ - өтпелі үрдістен кейінгі шығыс координата шамасы;
- u_{max} – өтпелі үрдіс кезіндегі шығыс координатаның максималды шамасы;
- Δ – нақтылық тұтқасы (егер Δ берілмесе, онда 5 % шектеуінде алады);
- t_m – шығыс координатасының бірінші максимумының жетістікке жету уақыты;

- $t_{\text{шт}}$ – өтпелі үрдіс уақыты (шығыс координатасының нақтылық түтігіне келіп, одан шықпай қою уақыты);

- $t_{\text{н}}$ – сигналдың өсу уақыты;

- $t_{\text{з}}$ – кешігу уақыты;

- t_{y} – орнатылған режимнің жетістікке жету уақыты;

- σ % - қайта реттеу шамасы [6, 11].

$$\sigma \% = ((y_{\text{max}} - y_{\text{уст}}) / y_{\text{уст}}) * 100\%,$$

$$y_{\text{max}} = 840 \text{ }^{\circ}\text{C}, \quad y_{\text{уст}} = 725 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$t_{\text{м}} = 0,23 \text{ с}, \quad t_{\text{з}} = 0,15 \text{ с},$$

$$t_{\text{шт}} = 2 \text{ с}, \quad t_{\text{н}} = 0,13 \text{ с}, \quad t_{\text{y}} = 0,18 \text{ с};$$

$$\Delta = (688,75; 761,25)$$

$$\sigma \% = ((840 - 725) / 725) * 100\% = 15,86 \text{ } \%$$

Өтпелі үрдістер графиктеріне қарай отырып, жобаланған АРЖ жылдам әрекет ету және нақтылығы бойынша берілген талаптарды қанағаттандыратыны туралы қорытындылауға болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста кесу аймағындағы температурамен автоматтық басқару жүйесі жобаланды. Жүйе барлық талап етілетін параметрлерді қанағаттандырды.

Жұмыста АРЖ-нің синтезі мен талдау мәселелерін шешу әдістеріне, ерекшеліктеріне тоқталып, олардың басқару жүйелеріне қойылатын талаптарына көңіл аударылды. Жобалаудағы ЛЖС қолданылуымен таңдалған және қолданылған әдіс өзінің қарапайымдылығының, көрнекілігі және нақтылығының арқасында өте ыңғайлы, себебі АРЖ синтездеу мен талдау жүргізу салыстырмалы түрде оңайға соқты. Біз барлық қойылған талаптарға жауап беретін жүйені алдық:

– жүйеге әрекет ететін максималды ауытқу кезіндегі шығыс координатасының статикалық қатесі $\Delta\theta = 5^\circ$ С құрайды;

– модуль бойынша $\Delta L = 8,6$ дБ, фаза бойынша $\Delta\varphi = 50^\circ$ керекті орнықтылық қоры бойынша қойылған есеп орындалды.

Технико-экономикалық нәтижелері негізінде экономикалық есептеулер жүргізіліп, АРЖ сапа бағасы өтпелі функциялар көрсеткіштері арқылы бағаланды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Бейсекерский В.А. «Автоматтық реттеу және басқару теориясы бойынша есептер жинағы» - М.: Наука, 1978ж.
- 2 Воронов А.А. «Автоматтық реттеу және басқару теориясы негіздері», М., Высшая школа, 1997.
- 3 Копылов И. П. Электрлік машиналар туралы сөздік, 1-том. Москва Энергоатомиздат, 1988.
- 4 «Машина жасаудағы технологиялық үрдістерді автоматтандыру және басқару негіздері». Под общ. Ред. В.Ц. Зориктуева, Н.С.Буткина. – Уфа: Уфимск.гос.техн.ун-т, 2000.
- 5 Основы автоматизации управления производством: Учеб. Пособие для студ. техн. Вузов / Макаров И.М., Евтихийев Н.Н., Дмитриев Н.Д. и др.; Под ред. И.М. Макарова. – М.: Высш. Школа, 1983. – 504 с.
- 6 Автоматизация типовых технологических процессов и установок: Учебник для вузов / А.М. Корытин, Н.К. Петров, С.Н. Радимов, Н.К. Шапарев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 432 с.
- 7 Рей У. Методы управления технологическими процессами: Пер. с англ. - М.: Мир, 1983.- 368 с.
- 8 Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1982. – 392 с.
- 9 Синтез электромеханических приводов с цифровым управлением / Вейц В.Л., Вербовой П.Ф., Вольберг О.Л., Съянов А.М.; Отв. Ред. Войтех А.А.; АН Украины. И-нт электродинамики. Киев: Наук. Думка, 1991. – 232 с.
- 10 Программно-информационные комплексы автоматизированных производственных систем / С.А. Клейменов, С.Н. Рябов, С.А. Барбашов, А.И. Павленко; Под ред. С.А. Клейменова. – М.: Высш. шк., 1990. – 224 с.
- 11 Ротач В.Я. Теория автоматического управления теплоэнергетическими объектами. М.: Энергоатомиздат. 1985, 296с.
- 12 В.М.Шестаков «Автоматтық басқару теориясы. 2102 мамандығы бойынша студенттерге арналған курсытқ жұмысқа әдістемелік нұсқаулар». ВТУЗ-ЛМЗ Ленинград, 1989.
- 13 Автоматтық басқару теориясы бойынша конспект.
- 14 Егоров В.Н., Шестаков В.М. «Тұйықталған АБЖ динамика есептеулерінің қазіргі заманғы әдістері» -Л.: СЗПИ, 1982.
- 15 Ф.Ф. Андреев «Автоматиканың электронды құрылғылары. М.«Машиностроение» 1978г.

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Эзен Ердәулет Шынтасұлы

Название: Кесу автоматтық реттеу жүйесі

Координатор:Марат Орынбет

Коэффициент подобия 1:0

Коэффициент подобия 2:0

Замена букв:49

Интервалы:0

Микропробелы:1

Белые знаки: 0

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

.....
Обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата. Признаю работу самостоятельной и допускаю к защите.
.....

Дата

28.05. 2021г.


.....
Подпись Научного руководителя

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Эзен Ердәулет Шынтасұлы

Название: Кесу автоматтық реттеу жүйесі

Координатор: Марат Орынбет

Коэффициент подобия 1:0

Коэффициент подобия 2:0

Замена букв:49

Интервалы:0

Микропробелы:1

Белые знаки:0

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения